

Manual de

Soluciones Naturales al Cambio Climático

Una guía técnica para evaluar las oportunidades
de mitigación basadas en la naturaleza a nivel nacional

Autores y agradecimientos

Autores: Sara M. Leavitt, Susan C. Cook-Patton, Laura Marx, C. Ronnie Drever, Vanessa Carrasco-Denney, Timm Kroeger, Diego Navarrete, Zeng Nan, Nisa Novita, Anjelita Malik, Kate Pelletier, Kelley Hamrick, Beatriz Granziera, Chris Zganjar, Juanita Gonzalez, Peter Ellis, John Verdieck, María F. Ordóñez, Catalina Gongora y Juliana Del Castillo Plata

Colaboradores: Wang Longzhu, Subarno, Deissy Arango, Ryan Gil, Pathanchali Premachandra, Joe Fargione, Stefanie Simpson, Zhang Xiaoquan, Huo Li, Adrienne Egolf, Dan Majka, Tyler J. Lark, Seth A. Spawn-Lee, Miguel Castro y Chandra Agung Septiadi Putra

Revisores: Lynn Scarlett, Allison Lewin, Jennifer Tabola, Fernando Veiga, Jill Blockhus, Dong Ke, Sarah Gammage, Claudia Vásquez Marazzani, Herlina Hartanto, Christopher Webb, James Lloyd, Stephen Wood, Dick Cameron, Rose Graves, Catherine Macdonald, Bronson Griscom, Jesse Gallun, Juan Sebastián Sánchez Hernández y Will McGoldrick

Edición: Anna Funk

Diseño: .Puntoaparte Editores

TRADUCCIÓN

Traductora: Eva Vilarrubí / Fast Lines, Inc.

Revisora: María F. Ordóñez

Agradecimientos: Esta guía se ha elaborado con el apoyo financiero de la Iniciativa Internacional de Clima y Bosques de Noruega (NICFI) y la Agencia Noruega de Cooperación para el Desarrollo (Norad), aunque las opiniones expresadas en esta publicación no reflejan necesariamente las opiniones de NICFI o Norad. El Fondo Bezos Earth y Ecopetrol aportaron financiamiento adicional. Los autores agradecen a los numerosos socios y colaboradores de todo el mundo que participaron en la investigación en la que se basan las orientaciones de este documento.

La mayor parte de este documento se desarrolló durante la pandemia de COVID-19. Los autores expresan su sincera gratitud por la dedicación de todo el equipo que participó en la publicación de este documento, así como a quienes los apoyaron durante una época muy difícil. Rendimos homenaje a los muchos seres queridos que se perdieron a causa de la pandemia.

Cítese este documento como:

Leavitt, S.M., et al. (2025). Manual de soluciones naturales al cambio climático: Una guía técnica para evaluar las oportunidades de mitigación basadas en la naturaleza a nivel nacional. The Nature Conservancy, Arlington, VA, USA.

Edición 2.2

Esta guía está disponible en bahasa indonesio, chino mandarín, español, francés, inglés, portugués y swahili.

1. ¿Qué son las soluciones naturales al cambio climático?.....6

El papel de la naturaleza en lograr los NDC.....7	Principios de las NCS.....11
Sobre esta guía.....10	Rutas de las NCS.....14

2. Definir el alcance.....20

Identificar el propósito y la audiencia.....21	Definir las rutas.....27
Definición de la escala.....21	Investigación de antecedentes.....29
Priorización de las rutas.....24	

3. Montaje del conjunto de datos.....32

Establecimiento de la línea base.....33	Consideración de las retroalimentaciones climáticas.....42
Definición de la extensión de las rutas de las NCS.....35	Caracterización de los costos.....44
Cálculo del flujo de gases de efecto invernadero.....39	
Elección de un horizonte temporal.....42	

4. Realizar el análisis.....45

Estimación de la mitigación.....46	Contabilización de los cambios de costos futuros: Descuento.....51
Cuantificación de la incertidumbre.....46	Próximos pasos.....52
Incorporación de los costos: Curvas de costos marginales de reducción.....48	

5. Estudios de casos nacionales.....55

Canadá.....57	Indonesia.....80
China.....64	Estados Unidos.....88
Colombia.....71	

Apéndice.....94

Estimación de los costos.....95	Prácticas justas.....105
Cobeneficios.....98	Glosario.....109
Compensaciones de carbono.....102	Recursos adicionales.....112

Manual de

Soluciones Naturales al Cambio Climático

Autores y agradecimientos.....2
Acrónimos y unidades relacionadas con las NCS.....5
Obras citadas.....115

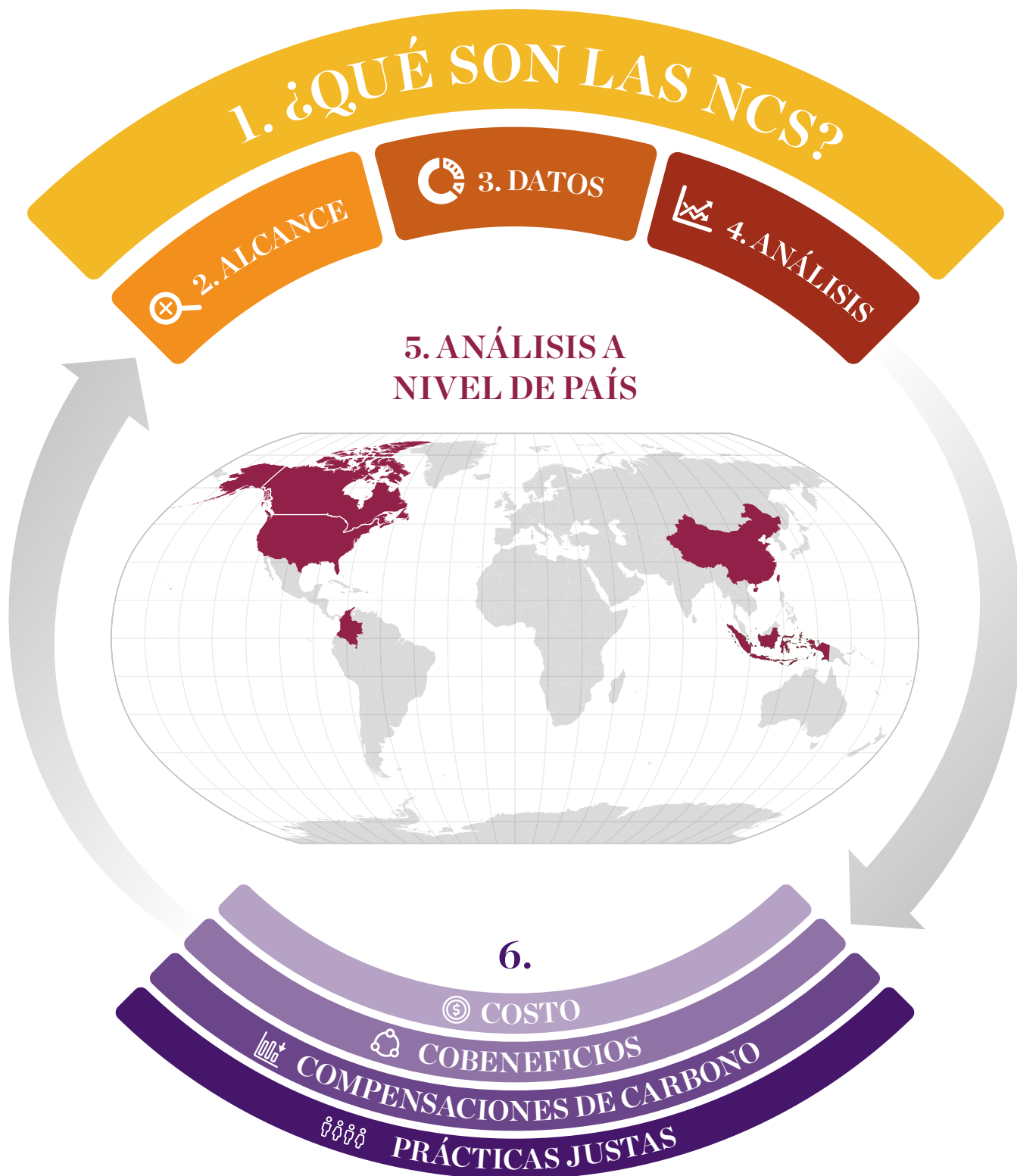


Gráfico 1. Índice gráfico que muestra el flujo del proceso

Acrónimos y unidades relacionadas con las NCS

ACRÓNIMOS COMUNES

AFOLU	Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (por sus siglas en inglés)
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
GEI	Gases de efecto invernadero
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (por sus siglas en inglés)
NCS	Soluciones naturales al cambio climático* (por sus siglas en inglés)
NDC	Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional* (por sus siglas en inglés)
REDD+	Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal* (por sus siglas en inglés)
SbN	Soluciones basadas en la naturaleza*
UTCUTS	Uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra y la silvicultura

*definido en el glosario

Unidades comunes con abreviaturas y conversiones



ha = 1 hectárea

= 10.000 m² = área de un cuadrado de 100 metros de lado

Mha = 1 millón de hectáreas

km² = 1 kilómetro cuadrado

= 100 ha = área de un cuadrado de 1.000 metros de lado



t = 1 tonelada métrica (tonelada) = 1,102 toneladas cortas (Estados Unidos) = 0,984 toneladas largas (Reino Unido)

Mg = 1 megagramo (10⁶ g)

Mt = 1 megatonelada = 1 millón de toneladas

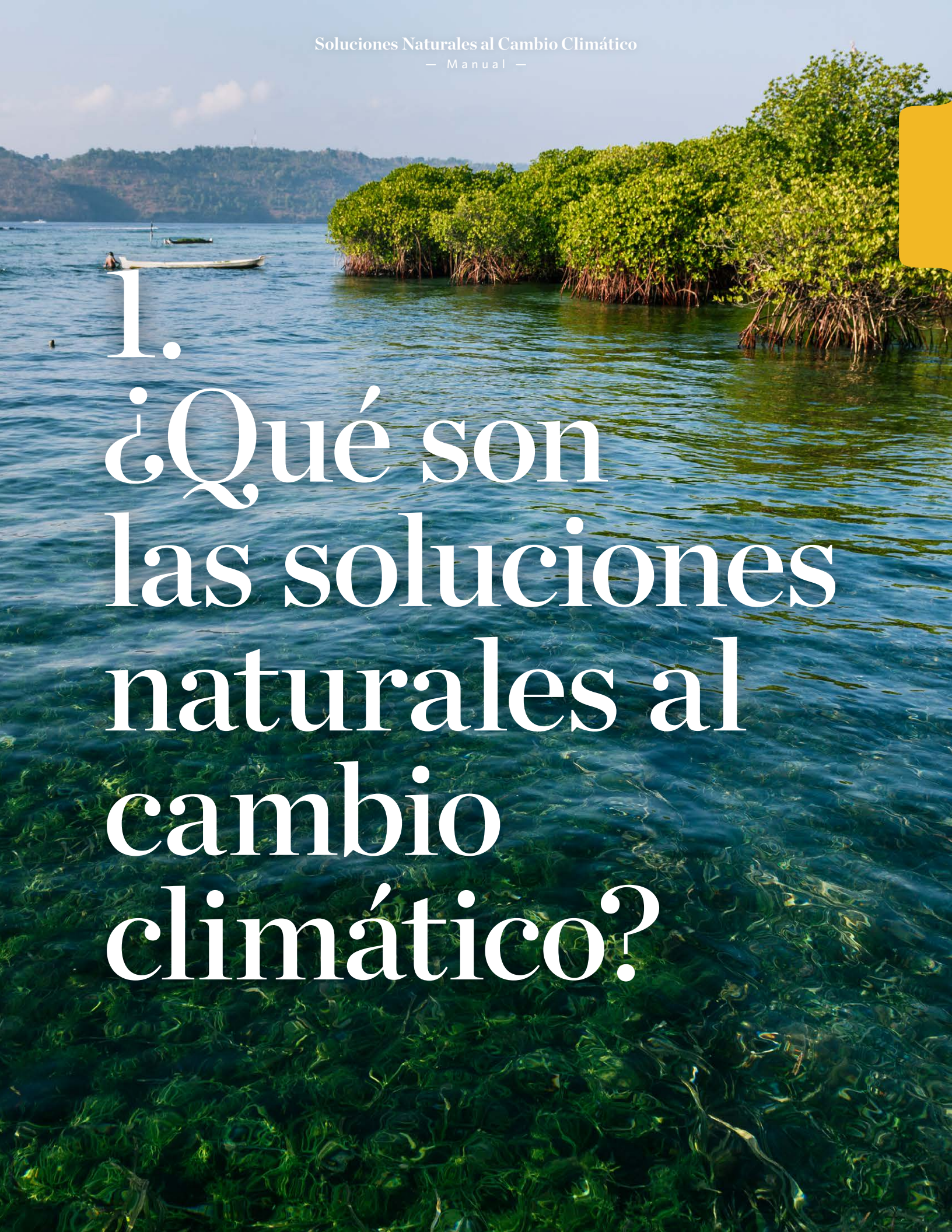
Tg = 1 teragramo (10¹² g)

Gt = 1 gigatonelada = 1.000 millones de toneladas

Pg = 1 petagramo (10¹⁵ g)

GASES DE EFECTO INVERNADERO RELEVANTES

CyCO₂	El carbono (C) es uno de los elementos más abundantes de la Tierra y la base de toda la vida. El dióxido de carbono (CO ₂) es una molécula formada por un átomo de carbono y dos de oxígeno. El CO ₂ del aire es absorbido por las plantas y almacenado mediante la fotosíntesis en compuestos orgánicos basados en el carbono. En la atmósfera es un GEI abundante y de larga vida, emitido principalmente por la quema de combustibles fósiles, así como por las actividades del sector AFOLU que dan lugar a la quema o descomposición de la materia orgánica.
CO₂e	Para facilitar la comparación, los GEI distintos al CO ₂ se traducen a sus equivalentes de dióxido de carbono en función de su potencial de calentamiento global (ver el glosario). Consulte el cuadro "Conversión de GEI a CO ₂ e" en la página 39 para ver las conversiones.
CH₄	Metano, un potente GEI emitido por las actividades industriales, el manejo de residuos, la ganadería y los sistemas naturales como los humedales.
N₂O	Óxido nitroso, un potente GEI emitido principalmente por actividades industriales y prácticas agrícolas como el uso de fertilizantes.
NO_x	Óxidos de nitrógeno, un término genérico que incluye los GEI indirectos basados en el nitrógeno, el dióxido de nitrógeno (NO ₂) y el óxido nítrico (NO), emitidos principalmente a través de la quema de combustibles fósiles y biomasa.
NH₃	Amoníaco, emitido principalmente por prácticas agrícolas como la cría de animales y el uso de fertilizantes, es un importante contaminante de vida corta que afecta a los ciclos del nitrógeno.

A scenic view of a mangrove forest with a boat on the water. The mangrove trees are lush green and their roots are visible in the water. A small boat is on the water in the distance. The sky is blue with some clouds. A yellow square is in the top right corner.

1. ¿Qué son las soluciones naturales al cambio climático?



Vista panorámica en Kalimantan Oriental, Indonesia. © Nick Hall/TNC

El papel de la naturaleza en lograr los NDC

Los objetivos del Acuerdo de París sobre el cambio climático, establecidos en 2015, comprometen a la comunidad internacional a mantener el calentamiento global muy por debajo de los 2 °C y a continuar los esfuerzos para limitar el calentamiento a 1,5 °C^[1].

Para alcanzar estos objetivos, los países deben tomar medidas de inmediato para reducir en gran parte las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y aumentar la captura y el almacenamiento de carbono. Para conseguirlo, los seres humanos

tendremos que examinar más detenidamente cómo tratamos al planeta y ajustar nuestras decisiones sobre el uso de la tierra para asegurarnos de que aprovechamos las oportunidades de mitigación en el sector AFOLU. Actuar a la escala necesaria para evitar una catástrofe es un reto, pero es posible y necesario para la supervivencia de muchas especies y comunidades en todo el mundo.

Un estudio de 2017 dirigido por The Nature Conservancy concluyó que el sector AFOLU tiene el potencial de aportar hasta un tercio de la mitigación costo-efectiva necesaria para 2030 a fin de mantener el calentamiento global por debajo de los 2 °C, al tiempo que apoya la conservación de la biodiversidad y promueve los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas^[2]. Los autores llamaron a estas estrategias de mitigación soluciones naturales al cambio climático, o NCS (por sus siglas en inglés). **Las NCS protegen, manejan y restauran los sistemas naturales y de trabajo de manera que evitan las emisiones de GEI y/o aumentan la captura de carbono en los bosques, humedales, pastizales y tierras agrícolas^[2].**

Los casi 200 países que forman parte del Acuerdo de París han asumido compromisos climáticos conocidos como Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés). Las NDC se actualizan periódicamente y su objetivo es aumentar la ambición en cada ciclo para cerrar gradualmente la brecha entre las emisiones actuales (*business-as-usual*) y las reducciones de emisiones necesarias para mantener un clima estable. Las

estrategias o rutas de las NCS representan acciones *adicionales* —es decir, más allá de las condiciones de referencia— que los países pueden adoptar para cumplir y superar sus compromisos climáticos. **Las NCS no son un sustituto de la descarbonización del sector energético, sino una forma de complementar los esfuerzos de descarbonización para ayudar a los países a cumplir y superar sus objetivos de reducción de emisiones.**

1.

NCS en las NDC

Los objetivos y planes climáticos nacionales han mejorado notablemente desde la adopción del Acuerdo de París. Cuando se presentó el primer ciclo de las NDC en 2015, muchos países incluyeron un lenguaje relacionado con el uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra y la silvicultura (UTCUTS), pero solo 70 (aproximadamente un tercio) incluyeron objetivos cuantificados^[3]. Esta brecha indica una importante oportunidad para aumentar la cantidad y la calidad de las acciones y los objetivos de las NCS en las NDC. En diciembre de 2020, 75 países habían presentado NDC nuevas o actualizadas^[4]. De ellos, 48 países proporcionaron objetivos cuantitativos de mitigación para UTCUTS. Algunos ejemplos de objetivos cuantitativos para UTCUTS son:

- Nivel de emisiones y absorciones absolutas de GEI para 2030.
- Porcentaje relativo de reducción de las emisiones de GEI con respecto al nivel actual (*business-as-usual*) para 2030.

- Porcentaje de la superficie terrestre total del país con cobertura forestal para 2030.

Aunque la representación de las NCS en las NDC está aumentando, pocos países tienen planes para aprovechar todo el potencial costo-efectivo de las NCS para cumplir sus NDC. Sin embargo, la mayoría de los países no pueden cumplir sus objetivos climáticos sin acciones específicas en el sector AFOLU.

Además, las futuras NDC tendrán que ser mucho más ambiciosas. El informe de síntesis de la CMNUCC^[4], publicado recientemente, muestra que la reducción de emisiones prevista para 2030 es de solo un 1% respecto a los niveles de 2010. El IPCC, por el contrario, ha indicado que es necesario reducir las emisiones cerca del 45% para alcanzar el objetivo de 1,5 °C^[5]. Mientras tanto, en julio de 2021, 131 países, que representan el 73% de las emisiones mundiales de GEI, han adoptado o están considerando objetivos de cero emisiones netas^[6]. Aunque los objetivos siguen mejorando, se prevé que el calentamiento con las políticas actuales siga siendo muy superior a 1,5 °C.

Este es el momento de actuar. Es probable que el potencial de éxito de las NCS disminuya después de 2030 y más drásticamente después de 2050^[2]. Los motivos son dos: Los efectos del cambio climático reducirán gradualmente la resiliencia de los ecosistemas y, en muchos casos, su capacidad para capturar y almacenar carbono. Además, el impacto relativo de las NCS disminuirá si las emisiones siguen aumentando como hasta ahora (ver el gráfico 2).

La comunidad mundial lleva décadas fijando objetivos de mitigación del cambio climático: es hora de empezar a cumplirlos. Esta guía ayudará ofreciendo instrucciones paso a paso a quienes deseen evaluar el potencial de la naturaleza para mitigar el cambio climático en su país u otra jurisdicción.

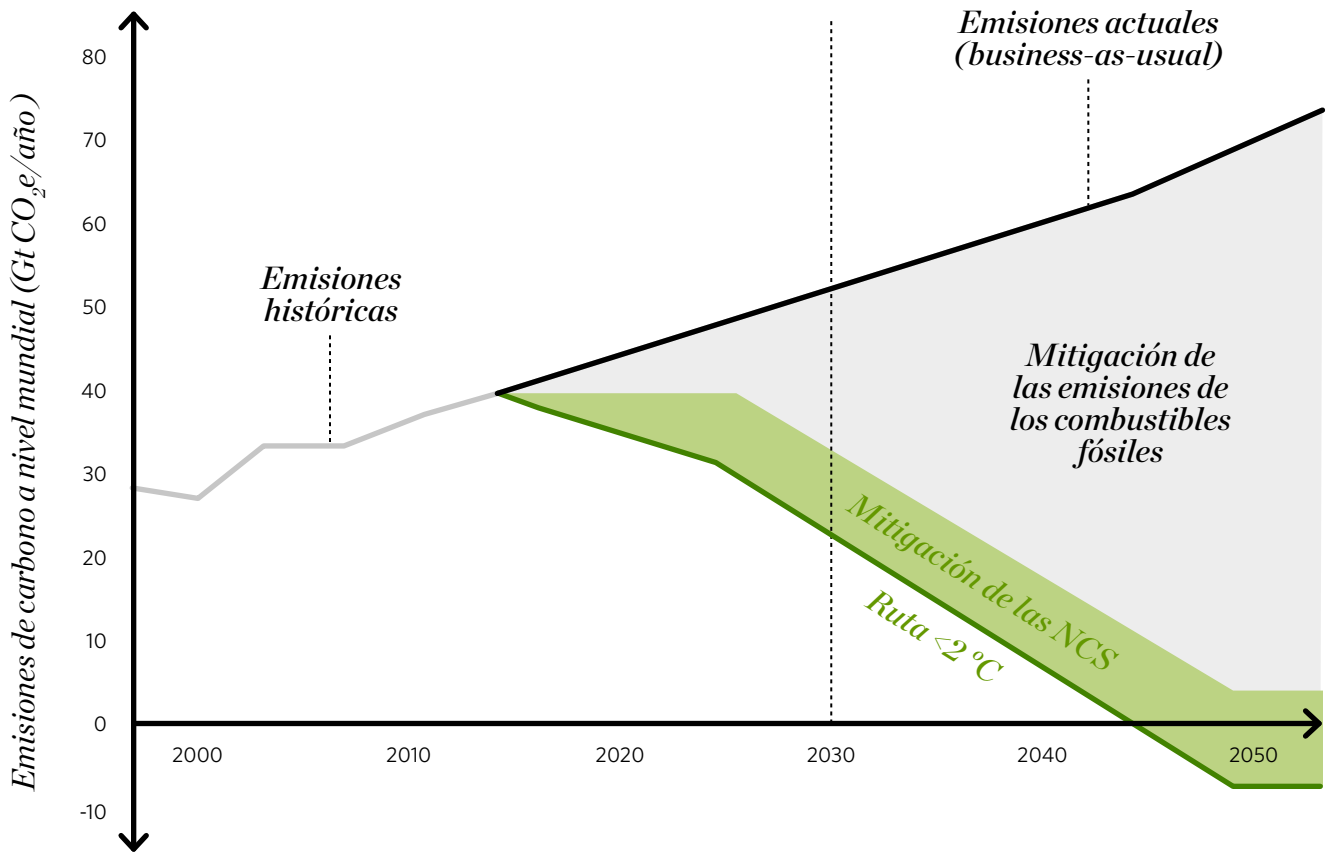


Gráfico 2. Contribución de las soluciones naturales al cambio climático a la estabilización del calentamiento por debajo de los 2 °C^[2]

Sobre esta guía

Una evaluación de las NCS ayudará a identificar qué acciones de manejo de la tierra tienen el mayor potencial de mitigación a cualquier escala y en cualquier paisaje. The Nature Conservancy y sus socios han llevado a cabo una serie de evaluaciones de las NCS en todo el mundo durante los últimos 5 años. Desarrollamos esta guía para poder compartir las lecciones aprendidas con mucho esfuerzo por los científicos y profesionales de la conservación que han abordado estos análisis. Hemos investigado a fondo la literatura científica, así como nuestras experiencias colectivas, para recopilar todas las mejores prácticas posibles para esta guía, con el fin de apoyar a una serie de audiencias técnicas y a los tomadores de decisiones en la determinación del alcance y la realización de una evaluación de las NCS.

En esta guía, describimos **los parámetros básicos para empezar a realizar un análisis de las NCS, señalamos los puntos clave de decisión y explicamos los factores que hay que tener en cuenta a la hora de tomar dichas decisiones** en una situación particular. Esta guía está estructurada de forma que se ajuste al orden de los pasos que solemos seguir al realizar una evaluación de las NCS —desde la identificación del propósito y la audiencia, pasando por la priorización y definición de las rutas relevantes a nivel local, hasta la identificación de la extensión de la oportunidad y los flujos de GEI relevantes para cada ruta, y hasta la estimación del potencial de mitigación y los costos—, señalando que muchos de los pasos son iterativos, y es necesario perfeccionarlos después de haber realizado otro paso. Hemos compartido las directrices y las mejores prácticas para navegar por estas complejidades y evaluar con precisión el potencial de mitigación del cambio climático basada en la naturaleza en su país o jurisdicción. Tanto si se empieza desde cero como

si ya se está en el camino, hemos diseñado esta guía para que cualquier sección pueda servir como punto de partida. Nuestro objetivo es proporcionar a cada lector las herramientas que necesita para tomar las decisiones más adecuadas para su caso particular.

También compartimos en esta guía breves **estudios de caso** de Canadá, China, Colombia, Estados Unidos e Indonesia que demuestran cómo los equipos han adaptado el marco general de las NCS a sus necesidades, incluyendo las lecciones aprendidas en el proceso. Los **apéndices** ofrecen recursos adicionales y permiten profundizar en algunos de los factores necesarios para hacer realidad las oportunidades de las NCS. En esta guía reflexionamos sobre cómo tener en cuenta el impacto en las personas y la biodiversidad, y cómo garantizar que las acciones de las NCS beneficien, en lugar de perjudicar, a las comunidades locales.

Esta guía es un complemento de la [Guía para incluir la naturaleza en las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional](#), que ofrece un resumen conciso de los recursos técnicos a disposición de los países cuando consideran cómo podrían incorporar las NCS en sus NDC, y está disponible en inglés, español, francés y portugués.

Nuestra intención es que esta guía sea fácil de usar y que esboce un camino claro para evaluar la oportunidad de las NCS a cualquier escala.

El año 2030 se acerca rápidamente, y todas las vías posibles para hacer frente al cambio climático incluyen las NCS. Es hora de pasar de las palabras a los números y centrarse en la acción. Es esencial, y es factible. Empecemos.

Principios de las NCS

Contabilidad de los GEI. En esencia, el concepto de NCS es un marco contable, cuidadosamente estructurado para evaluar de forma exhaustiva el potencial de mitigación basada en la naturaleza, evitando al mismo tiempo la doble contabilidad.

No hacer daño. El marco de las NCS adopta un enfoque de “no hacer daño”, con especial énfasis en las salvaguardas para proteger la biodiversidad y mantener la producción de alimentos y fibras para las personas. Las NCS solo incluyen actividades con efectos neutros o positivos sobre la biodiversidad y están alineadas al principio de “naturaleza positiva” respaldado por muchos líderes públicos, del sector privado y de la sociedad civil^[7].

Costo efectivo. El precio del carbono, los costos de implementación, los costos de las alternativas de mitigación o adaptación y otros factores influirán en la escala del potencial de mitigación disponible en las NCS. La implementación de algunas rutas es relativamente costosa, mientras que la de otras puede suponer un ahorro de costos. En muchos casos, las NCS ofrecen una mitigación del cambio climático costo-efectiva (ver “Caracterización de los costos” en la página 44 y el apéndice: Estimación de los costos).

Cobeneficios. Además, a las actividades de las NCS a menudo se les confieren valiosos cobeneficios que pueden motivar su implementación, como la mejora de la calidad del aire, la mejora de la calidad y la regulación del agua, el enriquecimiento del suelo, el apoyo a la biodiversidad y la mejora de la resiliencia de los ecosistemas y la capacidad de adaptación al futuro cambio climático (ver el apéndice: Cobeneficios).

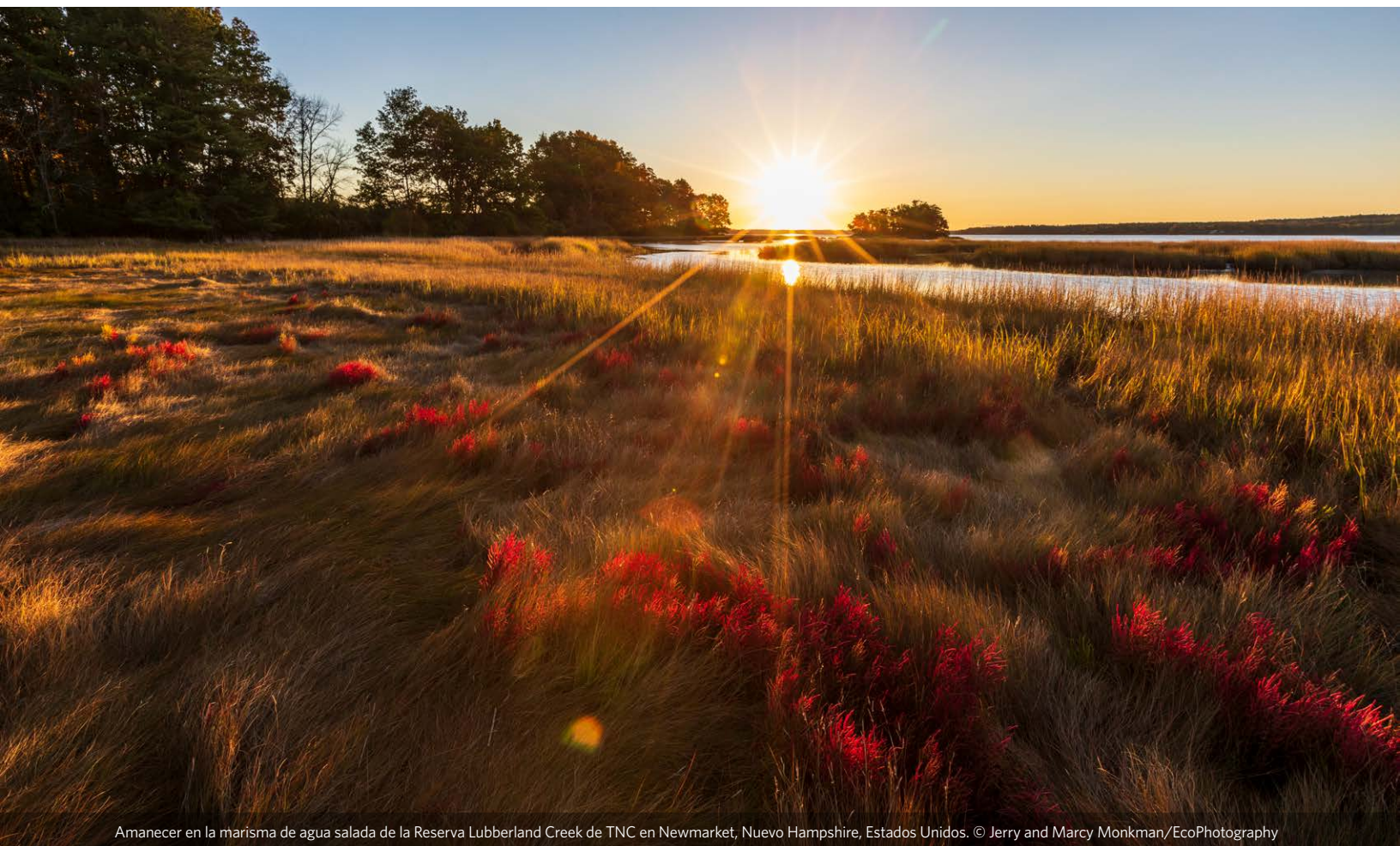
Las NCS no son un sustituto de la reducción de las emisiones de los combustibles fósiles. Sin embargo, en algunos casos, pueden utilizarse para “compensar” las emisiones inevitables (ver el apéndice: Compensaciones de carbono).

Prácticas justas. Con el fin de no hacer daño, siempre se debe tener especial cuidado en comprender el contexto y las consecuencias de la implementación de las NCS en los diferentes grupos de la sociedad. Los planificadores de proyectos deben tener muy en cuenta quién se beneficia de las actividades de protección, gestión o restauración, así como quién está presente en todo el proceso. Idealmente, las NCS pueden ayudar a empezar a reducir las desigualdades. Sin embargo, si no se estructuran adecuadamente, pueden agravar la inequidad (ver el apéndice: Prácticas justas).

¿Soluciones naturales al cambio climático o soluciones basadas en la naturaleza?

Las soluciones naturales al cambio climático son un subconjunto de las soluciones basadas en la naturaleza (SbN). Las SbN abordan los retos de la sociedad y los ODS al tiempo que proporcionan bienestar humano y beneficios para la biodiversidad. Estas incluyen muchos servicios proporcionados por la naturaleza (p. ej., mitigación del cambio climático, resiliencia y adaptación de los ecosistemas, infraestructura verde y los servicios de los

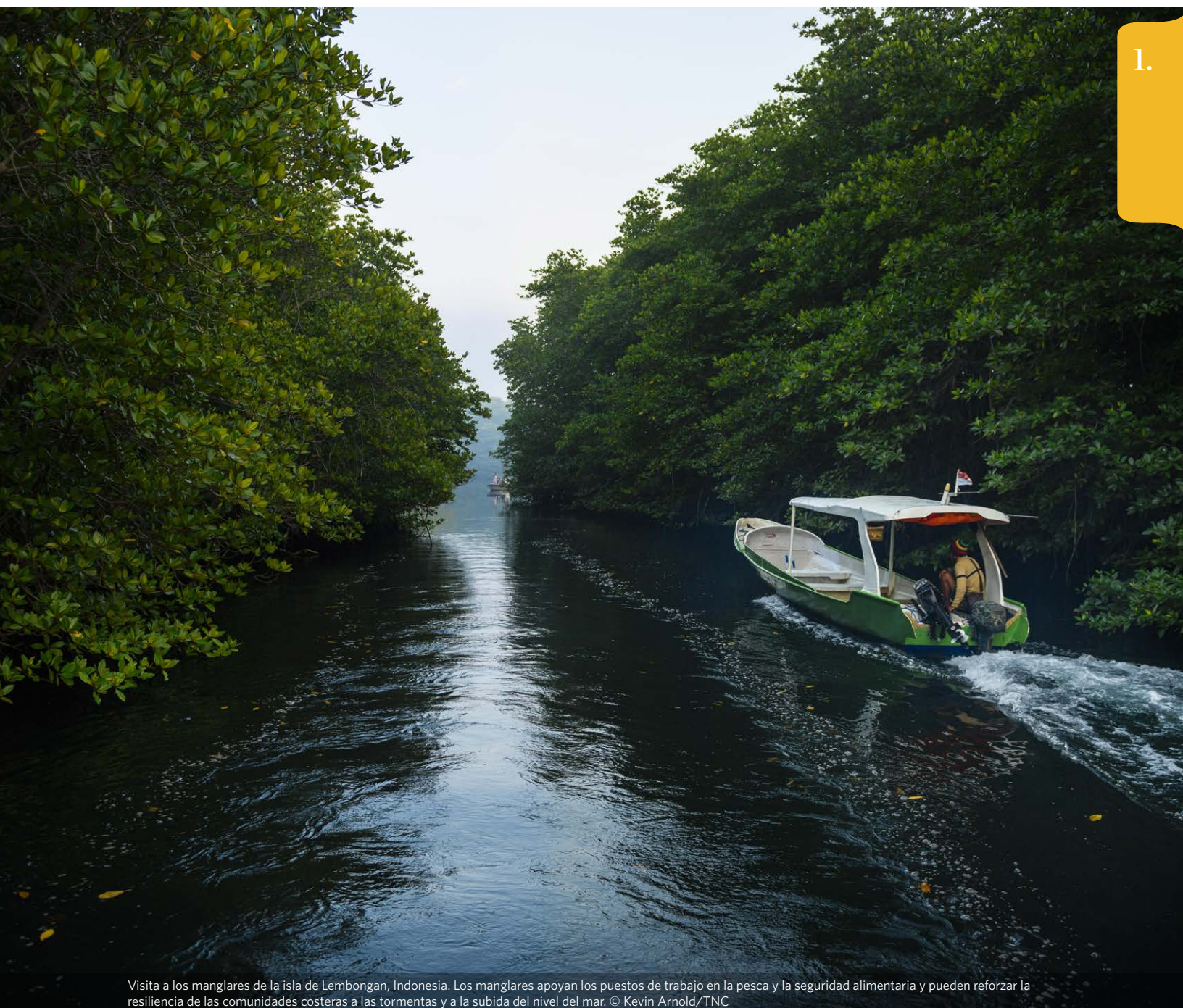
ecosistemas)^{[8][9]}. El término NCS se utiliza a lo largo de esta guía para referirse a nuestro marco específico de contabilidad de GEI para la mitigación del cambio climático basada en la naturaleza. Para los países que ya están trabajando en SbN de forma más amplia, basar las comunicaciones en el término SbN puede allanar el camino hacia la comprensión y la aceptación de las NCS como una acción climática clave.



Amanecer en la marisma de agua salada de la Reserva Lubberland Creek de TNC en Newmarket, Nuevo Hampshire, Estados Unidos. © Jerry and Marcy Monkman/EcoPhotography



Gráfico 3. Los niveles costo-efectivos de la implementación de las NCS pueden proporcionar un tercio de la solución para cumplir los objetivos del Acuerdo de París



Visita a los manglares de la isla de Lemongan, Indonesia. Los manglares apoyan los puestos de trabajo en la pesca y la seguridad alimentaria y pueden reforzar la resiliencia de las comunidades costeras a las tormentas y a la subida del nivel del mar. © Kevin Arnold/TNC

Rutas de las NCS

Las soluciones naturales al cambio climático se dividen en tres categorías principales: la **protección** de los sistemas naturales, la mejora de las prácticas de **manejo** de las tierras de cultivo y la **restauración** de la cobertura vegetal nativa. Estas pueden dividirse

a su vez en “rutas” que aumentan la captura y el almacenamiento de carbono y/o evitan las emisiones de GEI en los **bosques, humedales, pastizales y tierras agrícolas**. También puede consultar el cuadro S2 de Griscom et al. (2017), *Supplemental Methods* de Fargione et al. (2018), y el recuadro 1 de Drever et al. (2021) para obtener definiciones detalladas.

RUTAS BASADAS EN EL BOSQUE

Los bosques pueden incluir cualquier terreno dominado por árboles, incluidos los bosques tropicales lluviosos, los bosques secos, los bosques boreales, las zonas arboladas y las plantaciones de árboles. Se consideran tanto los flujos de CO₂ del suelo y de la biomasa como los reservorios de carbono^[10]. Ver "¿Cuándo un bosque es un bosque?" en la página 36.

Conversión evitada de bosques. Emisiones evitadas al prevenir la conversión antrópica de usos forestales a usos no forestales de la tierra, como tierras agrícolas, urbanas o industriales. (Nota: los cambios temporales en la cobertura forestal a causa de las cosechas deben considerarse en la ruta de *manejo forestal natural*).

Silvicultura climáticamente inteligente. Emisiones evitadas y/o aumento de la captura en los bosques en funcionamiento. Las posibles actividades de manejo podrían incluir prácticas de tala de impacto reducido, cosecha diferida (una reducción intencionada de la intensidad de la cosecha forestal, incluido el cese de la tala en algunas parcelas), la mejora de la regeneración forestal en los rodales después de la cosecha y otras acciones.

Manejo de plantaciones forestales. Aumento de la captura de carbono en las formaciones forestales mediante estrategias como la ampliación de la duración de la rotación (tiempo entre ciclos de cosecha) en plantaciones de edad uniforme y manejo intensivo. Algunas evaluaciones de las NCS también han considerado el carbono almacenado en los productos de madera.

Manejo de incendios forestales. Emisiones evitadas en los bosques y sabanas propensos a incendios, mediante prácticas de manejo como las quemas manejadas para reducir el riesgo de incendios forestales de alta intensidad o el cambio en el calendario de las quemas para reducir las emisiones de GEI. En los bosques más húmedos, donde los incendios son menos frecuentes, implementación de prácticas de control de incendios a lo largo de los bordes del bosque para evitar los incendios provocados por la actividad humana.

Evitar la cosecha de leña. Emisiones evitadas gracias a la reducción de la cosecha de madera utilizada como combustible para cocinar y calefacción, principalmente mediante el uso de fogones más eficientes.

Cobertura del dosel urbano. Aumento de la captura de carbono mediante el incremento de la cobertura forestal en las zonas urbanas, y/o el mantenimiento del almacenamiento de carbono evitando la pérdida de árboles y sustituyendo los que mueren.

Reforestación. Aumento de la captura de carbono a partir de la restauración de la cobertura forestal, es decir, la transición de usos no forestales de la tierra a usos forestales de la tierra en lugares donde históricamente había bosques.

RUTAS BASADAS EN LOS HUMEDALES

Los humedales incluyen sistemas de agua dulce, como turberas y humedales minerales de agua dulce, así como sistemas marinos o de “carbono azul”, como manglares, marismas y praderas de pastos marinos. Se consideran tanto los flujos de GEI del suelo y de la biomasa (incluidos CO₂, CH₄ y N₂O) como los reservorios de carbono^[11]; para evitar la doble contabilidad, normalmente hemos clasificado los manglares, las turberas arboladas y otros humedales arbolados como rutas basadas en los humedales.

Impactos evitados en los humedales costeros. Emisiones evitadas mediante la prevención de la degradación y/o la pérdida de humedales de agua salada (incluidos manglares, marismas y praderas marinas) a causa del drenaje, el dragado, la eutrofización u otras perturbaciones antrópicas.

Impactos evitados en los humedales de agua dulce. Emisiones evitadas mediante la prevención de la degradación y/o la pérdida de humedales de agua dulce (principalmente turberas) a causa de los incendios de turba, el drenaje, el dragado, la eutrofización por los fertilizantes u otras perturbaciones antrópicas.

Restauración de humedales costeros. Emisiones evitadas mediante la restauración de los humedales de agua salada degradados (incluidos manglares, marismas y praderas marinas) a través de actividades como la rehumectación o el aumento de la salinidad mediante el restablecimiento de la conectividad hidrológica, así como el aumento de la captura de carbono mediante la restauración de la vegetación.

Restauración de humedales de agua dulce. Evitar las emisiones de los suelos hídricos degradados mediante la restauración de la función hidrológica de los humedales de agua dulce drenados o convertidos (principalmente turberas)^[12] y aumento de la captura de carbono mediante la restauración de la vegetación.

RUTAS BASADAS EN LOS PASTIZALES

Los pastizales incluyen praderas, estepas, matorrales, tundra, sabanas y otros hábitats naturales con poca o ninguna cobertura de árboles. Se consideran los flujos de CO₂ y el suelo como principal reservorio de carbono.

Evitar la conversión de pastizales. Emisiones evitadas al prevenir la conversión de pastizales y matorrales nativos o manejados en tierras de cultivo.

Restauración de pastizales. Aumento de la captura de carbono a partir de la restauración de tierras de cultivo, principalmente en áreas con limitaciones para la producción agrícola, pastizales o matorrales en lugares donde históricamente se daban esos sistemas.



El Bluebell Ranch, en Dakota del Sur, se encuentra en el paisaje de Prairie Coteau, que es una de las mayores praderas que quedan en Estados Unidos. © Richard Hamilton/TNC

RUTAS BASADAS EN LA AGRICULTURA

Las tierras agrícolas incluyen cualquier terreno manejado de forma extensiva para los cultivos o la ganadería, incluidos los campos agrícolas, los pastos y otras zonas de pastoreo. Los flujos de GEI incluyen CO₂, CH₄ y N₂O. El suelo es el principal reservorio de carbono.

Árboles en tierras agrícolas. Aumento del almacenamiento de carbono al añadir o proteger árboles en tierras de cultivo o pastoreo. Esto podría incluir el silvopastoreo (árboles en tierras de pastoreo), el cultivo intercalado de árboles (árboles en hileras con cultivos anuales entre ellos), barreras ribereñas, cinturones de protección/cortavientos y/o la regeneración natural manejada por el agricultor (cambiar el manejo para permitir que los árboles vuelvan a crecer de forma natural en algunas zonas).

Manejo del arroz. Emisiones evitadas mediante la mejora de las prácticas de cultivo de arroz inundado, incluido el drenaje a mitad de temporada, la alternancia de ciclos húmedos y secos, y/o la eliminación de residuos.

Manejo de nutrientes. Evitar las emisiones derivadas de la fabricación de fertilizantes mediante la reducción de la aplicación excesiva de fertilizantes nitrogenados a través de la adopción de mejores prácticas “4R” (fuente correcta, tasa correcta, momento correcto y lugar correcto, por sus siglas en inglés)^[13].

Biocarbón. Aumento de la captura de carbono en los suelos agrícolas mediante la conversión de los residuos de las cosechas en carbón vegetal y su aplicación como enmiendas al suelo en los campos agrícolas. Esta ruta no incluye los residuos forestales para evitar posibles incentivos perversos que puedan reducir involuntariamente el carbono almacenado en los bosques.

Cultivos de cobertura. Aumento de la captura de carbono en los suelos agrícolas mediante cultivos adicionales cuando el cultivo principal no está creciendo. Cuando se utilizan cultivos de leguminosas, también se incluye la disminución de las emisiones procedentes de la fabricación de fertilizantes como consecuencia de la reducción del uso de fertilizantes inorgánicos.

Labranza reducida. Aumento de la captura de carbono en los suelos agrícolas mediante la adopción de prácticas de labranza reducida o sin labranza en tierras agrícolas.

Cultivos de leguminosas. Emisiones evitadas por la reducción del uso de fertilizantes nitrogenados al cambiar el cultivo de cereales a legumbres en años alternos.

Legumbres en los pastos. Aumento de la captura de carbono en los suelos debido a la siembra de leguminosas en pastos plantados; restringido a las áreas donde esto resultaría en una captura neta. También incluye, cuando sea pertinente, las emisiones evitadas por la aplicación de fertilizantes a los pastos.

Optimización del pastoreo. Aumento de la captura de carbono en el suelo mediante el aumento del pastoreo en los lugares con escasa población ganadera y la disminución del pastoreo en los lugares con exceso de población.

Manejo de animales de pastoreo y su alimento. Emisiones evitadas gracias a la reducción de la fermentación entérica en los intestinos de los rumiantes mediante 1) técnicas de cría y sanidad animal, o 2) el uso de alimentos más densos en energía, como los granos de cereales y los pastos mejorados.

Manejo del estiércol. Emisiones evitadas por la mejora de manejo del estiércol, principalmente en las instalaciones de manipulación de las explotaciones lácteas y porcinas.



Campos de maíz en las afueras de Arapahoe, Carolina del Norte, Estados Unidos, al atardecer. © Will Conkwright/TNC

2. Definir el alcance



Al comenzar la evaluación de cómo las NCS pueden mitigar el cambio climático en su país o jurisdicción, primero tendrá que considerar el alcance. Esta sección ofrece sugerencias para determinar la audiencia, la escala y el contenido de la evaluación. Definir y perfeccionar el ámbito de aplicación le llevará más tiempo del que cree: asegúrese de dedicar el tiempo suficiente a este paso.

Identificar el propósito y la audiencia

El primer paso para cualquier análisis del potencial de mitigación de las NCS es identificar su principal propósito, como la definición de un nuevo objetivo nacional de mitigación, o la definición de estrategias de implementación para cumplir un objetivo existente. También hay que identificar el público al que va dirigida la evaluación, incluidos quienes pueden influir en la aplicación de los resultados.

Algunas preguntas que hay que tener en cuenta antes de empezar son:

- *¿Incluyen las NDC de su país, u otro objetivo nacional o subnacional de mitigación del cambio climático, las tierras naturales y de trabajo? En caso afirmativo, ¿tiene el objetivo una meta numérica y un grado de detalle suficiente para permitir la acción?*
- *¿Existen marcos para evaluar el potencial de las NCS en su país, como los informes de los inventarios nacionales?*

- *¿Qué ministerio o agencia gubernamental, si es que hay alguno, se encarga de establecer la política y regular la acción climática?*
- *¿Qué ministerios y organismos influyen en el manejo de la agricultura y los recursos naturales?*
- *¿Existen organizaciones de la sociedad civil, o financiadores empresariales o de la sociedad civil que aboguen por determinadas políticas?*

Las respuestas a estas preguntas le ayudarán a identificar el propósito y la audiencia y también influirán en el alcance y las prioridades para estructurar su evaluación.

Definición de la escala

Una vez identificados el propósito principal y el público objetivo, se puede empezar a decidir la profundidad (p. ej., utilizando datos mundiales, nacionales o locales) y la amplitud (p. ej., tipo y número de rutas) de la evaluación. Puede haber varias iteraciones de la toma de decisiones a medida que se perfecciona cada una de estas dimensiones durante los pasos restantes de la Parte 2.

¿QUÉ TANTA PROFUNDIDAD?

En algunos casos, un análisis rápido utilizando un recurso a escala mundial como el Atlas Mundial de NCS será suficiente para sus necesidades. Aunque con una resolución gruesa, **los datos mundiales pueden ser útiles para tener una idea general de las oportunidades** en un lugar determinado o para comparar las oportunidades en todo el mundo.

En otros casos, su propósito y su público objetivo pueden requerir una evaluación a escala más fina (es decir, a nivel nacional o subnacional) que involucre a más partes interesadas en el proceso. Por ejemplo, ¿aceptará su público las conclusiones sin haber participado en la evaluación? ¿El cumplimiento de su objetivo requerirá la participación de determinadas personas o instituciones al principio del proceso? En algunos casos, los datos mundiales pueden ser suficientes desde una perspectiva científica, pero no serían adecuados para alcanzar sus objetivos.

Para la mayor parte de **la planificación de la implementación y la toma de decisiones políticas, las evaluaciones deberán realizarse a nivel subnacional**. Cuando se dispone de datos de mayor resolución, se pueden hacer estimaciones más precisas de dónde se encuentran las oportunidades de las NCS y cuánta mitigación ofrecen. Las evaluaciones a escala más fina también permiten definiciones adecuadas a nivel local y la oportunidad de incorporar variables adicionales de interés local. Por ejemplo, si un país tiene una política específica relacionada con los árboles en los bordes de las carreteras (p. ej., la Misión de Carreteras Verdes de la India), podría incluir un análisis de los mapas de carreteras nacionales para afinar sus estimaciones de las oportunidades de las NCS.

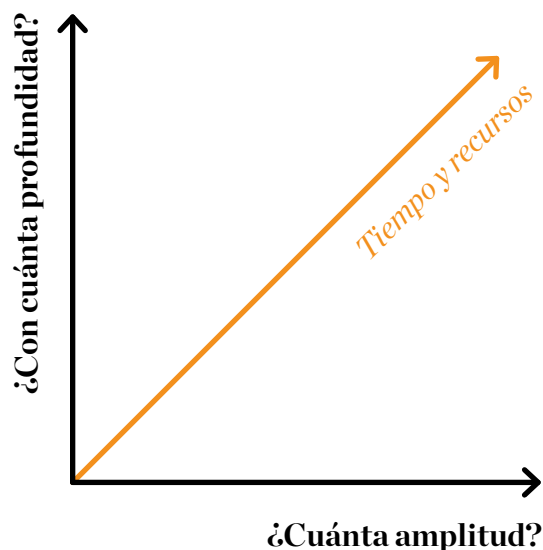


Gráfico 4. Equilibrar la profundidad y la amplitud de las evaluaciones para un uso eficiente del tiempo y los recursos

Atlas Mundial de NCS: Herramienta para una evaluación rápida

Si se necesitan cifras rápidas para evaluar simplemente la magnitud de las oportunidades dentro de un país o para comparar entre países, visite el [Atlas Mundial de NCS](#)^[14]. Este Atlas cuenta con informes de países descargables y se actualiza periódicamente con estimaciones del potencial de las NCS basadas en los mejores y más recientes datos científicos disponibles a nivel mundial. Estas cifras son una gran herramienta para iniciar una conversación con los tomadores de decisión a nivel político, las empresas o las organizaciones multilaterales que estén interesados en saber más sobre el potencial de las NCS.



Área de investigación de turberas en el Parque Nacional de Tanjung Puting, Kalimantan Central. © Nanang Sujana/CIFOR

¿CUÁNTA AMPLITUD?

Una vez que haya decidido la profundidad de su evaluación, el siguiente paso es determinar si va a investigar todas las rutas de NCS relevantes o solo un subconjunto.

La evaluación de cada ruta requiere tiempo y recursos, por lo que puede ser eficiente limitar su enfoque: Según nuestra experiencia, realizar una evaluación completa de todas las rutas y la publicación de un informe de resultados toma al menos 18 meses y requiere insumos y aportes de un amplio equipo de investigadores. En general, la mejor práctica es que los niveles de profundización y amplitud sean solo los necesarios para lograr su propósito. Por ejemplo, es posible que ya sepa qué rutas son prioritarias para las políticas o tienen el mayor potencial de mitigación. Llevar a cabo un análisis rápido de mitigación de unas pocas rutas clave utilizando datos fácilmente disponibles también puede dejar más tiempo y recursos para llevar a cabo análisis económicos, sociales y políticos de seguimiento que puedan proporcionar información para la implementación.

Por otro lado, cuando los recursos lo permiten, puede merecer la pena una inversión sustancial en una evaluación completa de las NCS generando resultados

sorprendentes. Por ejemplo, en Canadá, antes de llevar a cabo nuestra evaluación completa, predijimos que el sector forestal sería el que ofrecería el mayor potencial de mitigación. Sin embargo, descubrimos que, para 2030, *la conversión evitada de pastizales* representaba la mayor oportunidad de mitigación a nivel de ruta y que el sector agrícola en general tenía más oportunidades que el sector forestal^[15]. Esto se debe a la lenta tasa de crecimiento de los árboles y al efecto de calentamiento de la cobertura arbórea en Canadá (es decir, el albedo, *ver el glosario*), lo que significa que el sector forestal tardará más tiempo en alcanzar su potencial de mitigación. Sin una evaluación completa de las NCS de Canadá, no habríamos descubierto este resultado inesperado. Una evaluación completa también puede ayudar a crear una comunidad de práctica de las NCS basada en ciencia y movilizar a expertos de diferentes campos que de otro modo no se reunirían. Además de crear una red de relaciones entre las partes interesadas, esta comunidad de práctica puede proporcionar un lugar para explorar las compensaciones entre los sectores.

Es posible que al principio del proceso no esté claro si hay que centrar la evaluación o cómo hacerlo. Puede ser útil comenzar con una investigación amplia y reducirlo a ciertas rutas a medida que se desarrolla el análisis y se dispone de más información.

Priorización de las rutas

Si decide centrar su evaluación en un subconjunto de rutas, pero no tiene claro cuáles son probablemente las más prioritarias para su público objetivo, hay una serie de factores que debe tener en cuenta:

POTENCIAL DE MITIGACIÓN

Es importante identificar qué rutas pueden tener un potencial de mitigación significativo en su jurisdicción. Debe tener en cuenta que puede no ser muy factible alcanzar el máximo potencial de mitigación biofísica, por lo que puede ser útil considerar cómo puede variar el potencial de mitigación en puntos de precio del carbono de USD 10, USD 50 o USD 100 por tonelada métrica de CO₂e (ver “Caracterización de los costos”). Por ejemplo, a escala mundial, la *reforestación* llega, y con gran diferencia, al máximo potencial biofísico de mitigación si no se tienen en cuenta los costos, pero con precios del carbono de hasta USD 100 por tonelada métrica, su potencial es equivalente al de la *conversión evitada de bosques*. Comprender cómo varía el potencial de las distintas rutas en función de los costos puede influir en el énfasis relativo que se da a cada una de ellas, aunque es posible que no se tenga esto claro hasta que se consideren los costos más adelante en el proceso.

RELEVANCIA LOCAL

Entender el contexto local es clave para seleccionar o añadir las rutas adecuadas. Por ejemplo, el *manejo del arroz* puede tener un potencial elevado o inexistente en función de la cantidad de arroz que produzca un país. Las políticas nacionales también pueden

desempeñar un papel. Por ejemplo, los datos a nivel mundial muestran un alto potencial de mitigación para la *conversión evitada de bosques* en China; sin embargo, la conversión permanente de los bosques debería ser baja debido a la puesta en marcha de la política de la Línea Roja de Conservación Ecológica, que pretende proteger más de una cuarta parte del territorio continental chino.

COBENEFICIOS

Aunque las evaluaciones de las NCS se centran en la mitigación del cambio climático, las actividades consideradas pueden tener a menudo otros beneficios (ver el *apéndice: Cobeneficios*). Es posible que quiera dar prioridad a las rutas que ofrezcan cobeneficios que sean de interés para su público objetivo y otras partes interesadas.

IMPACTOS EN LA COMUNIDAD

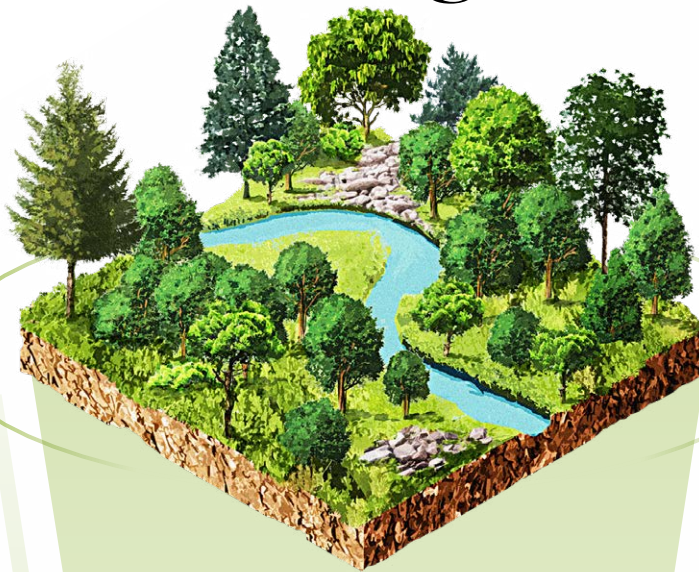
Algunas rutas pueden tener más probabilidad que otras de ayudar o perjudicar a las comunidades locales. Por ejemplo, algunas rutas pueden producir beneficios económicos, como el ahorro de costos para los agricultores que implementen prácticas de manejo de fertilizantes o las oportunidades de pesca sostenible derivadas de la restauración de los manglares. Podría ser deseable priorizar las rutas en función de los beneficios potenciales para las comunidades locales. Hay que ser consciente de que la consecución y la distribución equitativa de los beneficios depende de una cuidadosa construcción del análisis y de su posterior implementación.

DISPONIBILIDAD DE INFORMACIÓN

Puede haber rutas que tengan un potencial de mitigación elevado, pero que carezcan de información suficiente para seguir adelante. En

Proteger

3,9
Gt CO₂e



La protección de los sistemas naturales es la forma más eficaz de mitigación de las NCS. Si no protegemos los paisajes intactos, el daño superará el trabajo de manejo y restauración.

2.

Manejar

De mayor a menor preferencia

5,1
Gt CO₂e



Mejores prácticas forestales, agrícolas y de pastoreo pueden reducir considerablemente las emisiones sin cambiar el uso de la tierra.

Restaurar

2,0
Gt CO₂e



La restauración de los bosques, los humedales y los pastizales puede ser costosa, pero sigue siendo vital.

Gráfico 5. La jerarquía de mitigación aplicada a las NCS hace hincapié en la protección de los sistemas intactos

ese momento, tendrá que considerar si es mejor proceder con otras rutas para las que se dispone de datos, o si se trata de un vacío de datos importante que podría llenarse con una investigación primaria adicional, y si levantar esos datos está dentro del alcance de su estudio.

JERARQUÍA DE MITIGACIÓN

Es importante disminuir el daño en la mayor medida posible antes de tomar medidas para contrarrestar cualquier daño inevitable restante. Aplicado a las NCS, este concepto significa considerar secuencialmente opciones para 1) reducir drásticamente las emisiones de GEI de los sectores de la energía, la industria y el transporte, 2) proteger las tierras naturales intactas, 3) mejorar el manejo de las tierras de cultivo y 4) restaurar las tierras naturales degradadas o convertidas. Estas acciones pueden y deben desplegarse simultáneamente; la jerarquía de mitigación simplemente hace hincapié en la disminución del daño. También puede ayudar a optimizar las inversiones para garantizar que se logre la mayor mitigación posible con el tiempo y los recursos invertidos. Por ejemplo, si su país experimenta altos índices de conversión forestal, la restauración de los bosques puede no ser el mejor ámbito en el que centrarse si no se están tomando medidas para reducir en gran medida la conversión forestal, ya que la conversión socavaría los esfuerzos de restauración.

SECTOR

Las consideraciones analíticas y políticas pueden agilizarse si se examina de forma exhaustiva un solo sector, como la silvicultura o la agricultura, o las compensaciones entre dos sectores, como el impacto de la expansión de la agricultura en la conversión de pastizales. No obstante, debe tener cuidado de

reconocer las interacciones con los sectores que decida no incluir directamente en el análisis.

RELEVANCIA SOCIAL O POLÍTICA

Algunas rutas pueden ser más o menos factibles en un país en función de los factores sociales o culturales y los marcos políticos existentes. Por ejemplo, la implementación de *árboles en tierras agrícolas* en Colombia se alinea con las tradiciones sociales y culturales. Puede tener más sentido elegir rutas que sean más fáciles de implementar o que ya sean de interés para los responsables de la toma de decisiones. Por otro lado, puede ser posible abogar por una ruta que tenga un alto potencial de mitigación pero que se considere menos viable políticamente o que simplemente se haya pasado por alto, como el carbono del suelo en los sistemas de manglares de Indonesia, incluyéndola en su evaluación.

CAPACIDAD DEL PERSONAL

Aunque los socios son fundamentales para cualquier evaluación de las NCS, puede ser más eficiente utilizar los conocimientos internos de la organización para llevar a cabo las partes del análisis que requieren más tiempo y para manejar el proyecto, por lo que puede ser útil centrarse en temas en los que su equipo ya tiene experiencia. Si se recluta o se contrata a expertos externos, puede ser conveniente buscar a investigadores muy influyentes en un campo determinado. Es fundamental incluir a los investigadores locales que estarán más familiarizados con las actividades consideradas y sus posibles impactos sociales y ecológicos. Involucrar a investigadores que inician su carrera, como estudiantes e investigadores postdoctorales, puede desarrollar la capacidad necesaria y apoyar sus propios objetivos de investigación y carrera.

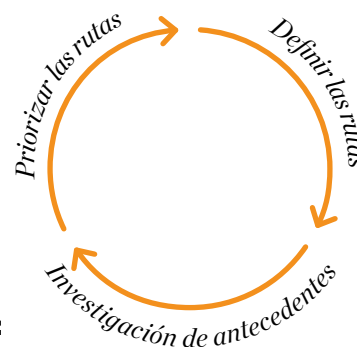


Diego Lizcano Fotografía Paisaje del río Caguán en la Amazonia colombiana. © Diego Lizcano/TNC

Definir las rutas

Lo ideal es seleccionar las rutas de las NCS de la lista de la Parte I (ver las páginas 15-19). La coherencia de las definiciones de las NCS en todos los estudios ayuda a avanzar en las NCS como movimiento a nivel mundial y facilita la transparencia y la responsabilidad en todos los países. Sin embargo, en algunos casos, puede ser necesario añadir o ajustar una ruta para que se adapte mejor al contexto local. Si añade o modifica una ruta, asegúrese de que sus cambios están claramente definidos y cumplen los siguientes criterios.

Gráfico 6. El estudio adecuado de una evaluación de las NCS es un proceso iterativo



Una ruta de NCS debe:

- *Ser medible.*
- *Hacer el seguimiento de una oportunidad de mitigación adicional más allá de la línea base.*
- *Evitar la doble contabilidad con otras rutas (ver “Definición de la extensión de las rutas de las NCS”, página 35).*
- *Mantener la producción de alimentos y fibras.*
- *Evitar consecuencias negativas para la biodiversidad y las personas.*

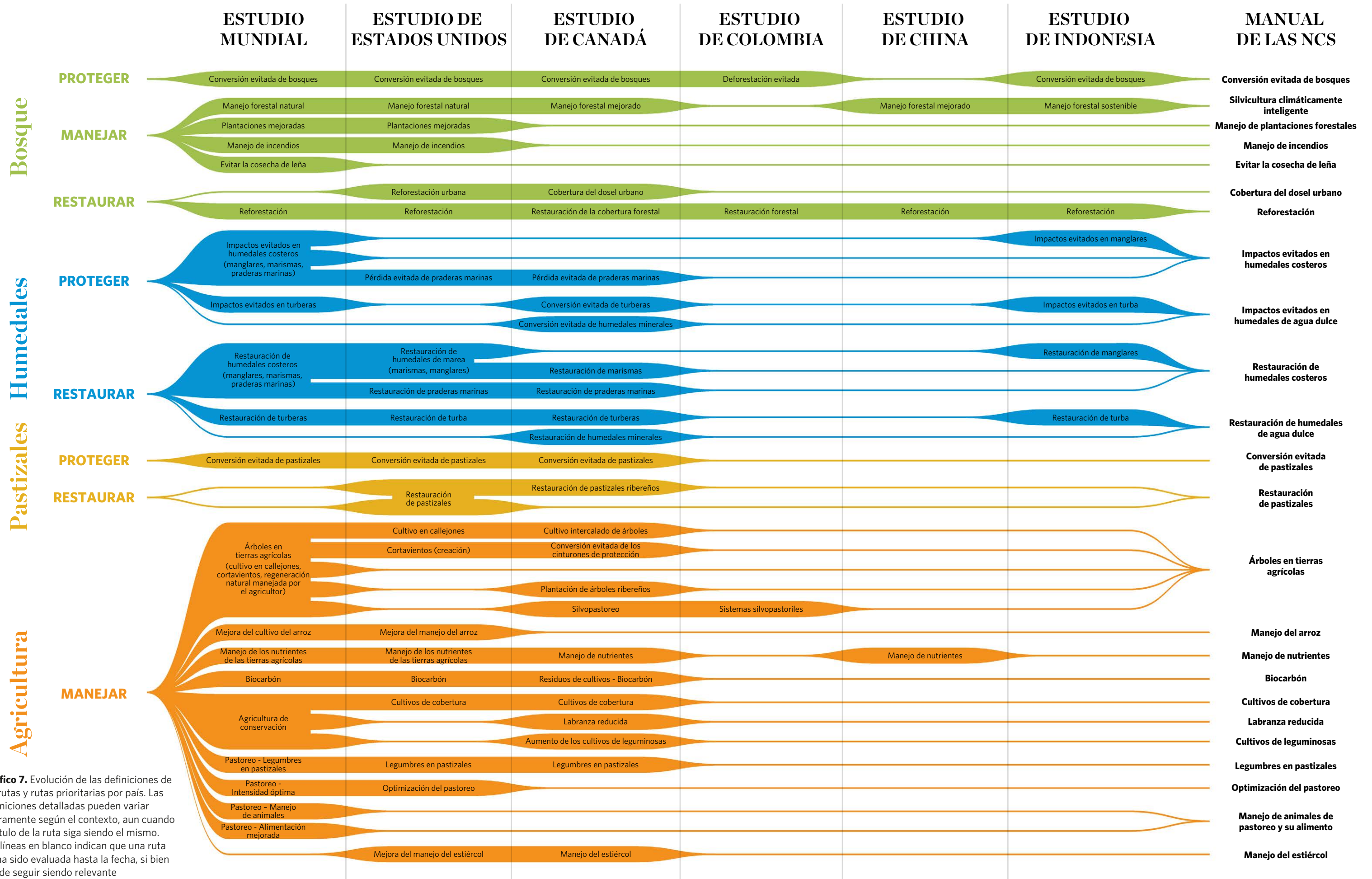


Gráfico 7. Evolución de las definiciones de las rutas y rutas prioritarias por país. Las definiciones detalladas pueden variar ligeramente según el contexto, aun cuando el título de la ruta siga siendo el mismo. Las líneas en blanco indican que una ruta no ha sido evaluada hasta la fecha, si bien puede seguir siendo relevante

Investigación de antecedentes

REVISIÓN DE LITERATURA ESPECIALIZADA

Al igual que con cualquier otra investigación, comenzar con una revisión de literatura le permitirá identificar la mejor información disponible y evitar duplicar las evaluaciones existentes. También le puede ayudar a identificar a los posibles titulares de derechos y otras partes interesadas a las que hay que consultar. Además de la literatura académica publicada, otras fuentes de información pueden serle útiles, como portales de visualización de datos en línea, informes de gobiernos, organizaciones sin fines de lucro y entidades del sector privado, inventarios nacionales o subnacionales de gases de efecto invernadero, planes de uso de la tierra y planes de subvenciones agrícolas. Durante esta revisión, también se podría identificar un año objetivo relevante para la política en torno al cual estructurar la evaluación (ver “Elección de un horizonte temporal”, página 42).

REVISIÓN DE POLÍTICAS PÚBLICAS

A continuación, recomendamos revisar las políticas públicas existentes en su jurisdicción, y examinar las motivaciones, los objetivos, las métricas y las fuentes de datos que subyacen a las políticas. Muchos países ya cuentan con políticas relevantes para las NCS, como las destinadas a reducir la deforestación, promover la restauración de los ecosistemas naturales y las zonas degradadas, o establecer un

precio del carbono que apoye las acciones para capturar o evitar emisiones de CO₂^[16]. Este tipo de políticas suelen ser el resultado de esfuerzos conjuntos de legisladores y otros organismos gubernamentales, lo que puede aumentar la probabilidad de que se aplique una acción de NCS. Si se puede obtener la información pertinente, también hay que tener en cuenta las políticas subnacionales y los acuerdos tradicionales y consuetudinarios de uso de la tierra, especialmente los que afectan a los grupos indígenas o a las comunidades marginadas.

Entre los ejemplos de instrumentos de política nacional que deben tenerse en cuenta figuran^[16]:

- *Documentos NDC y Comunicaciones Nacionales a la CMNUCC*
- *Acciones de Mitigación Apropriadas a Nivel Nacional (NAMA) a la CMNUCC^[17]*
- *Políticas y leyes nacionales sobre cambio climático*
- *Estrategias REDD+^[18]*
- *Compromisos internacionales como el Desafío de Bonn y las Estrategias y planes de acción nacionales en materia de diversidad biológica (EPANDB) del Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica*
- *Plan nacional de adaptación (PNA)*
- *Reglamentación sobre mercados de carbono*
- *Estrategias de desarrollo con bajas emisiones de carbono*
- *Enfoques de ordenamiento territorial*
- *Planes de áreas protegidas*

Se necesitan políticas climáticas nacionales

En 2018, 157 países habían establecido objetivos de reducción de emisiones para toda la economía en sus NDC, pero solo 58 habían codificado esos objetivos en leyes o políticas nacionales, y solo 17 habían promulgado leyes o políticas nacionales directamente coherentes con los objetivos establecidos en sus NDC^[3]. Esto nos indica que hay un claro margen para mejorar la coherencia entre las políticas nacionales y las NDC internacionales. Ambas tienen un alcance significativo y, cuando se alinean, pueden reforzarse mutuamente y profundizar en su impacto colectivo. Ya hay indicios de que los nuevos objetivos actualizados de las NDC presentados en 2020 incluyen mejores datos relacionados con las NCS y están integrando mejor las políticas nacionales e internacionales^[4].

REUNIONES DE EXPERTOS Y PARTES INTERESADAS

Es fundamental involucrar a una amplia gama de partes interesadas y expertos en las primeras fases de elaboración de la evaluación^[8] de las NCS. Mantener conversaciones con estos grupos le permitirá identificar sus necesidades y los planes estratégicos de mitigación existentes, así como los posibles obstáculos y oportunidades para la implementación de las NCS. Las partes interesadas

pueden ser investigadores de los sectores público, privado, sin fines de lucro o académico, expertos en políticas y responsables de la toma de decisiones, titulares de derechos, como representantes de comunidades indígenas y otras comunidades locales, y defensores de los jóvenes.

Dentro de los gobiernos, una serie de ministerios u organismos pueden ser responsables de las acciones relacionadas con la política y la implementación de las NCS, incluidos los ministerios de bosques, recursos naturales, medio ambiente, cambio climático, agricultura, ganadería, pesca, economía y/o finanzas, los sectores gubernamentales encargados de las negociaciones climáticas y los gobiernos subnacionales y locales. Dado que es necesaria la coordinación interministerial para garantizar que se alcance el potencial de las NCS en todos los sectores, es importante atraer la participación de una sección transversal de los grupos gubernamentales que podrían ser responsables de la puesta en marcha de las NCS para asegurar que la evaluación tendrá la aceptación del público objetivo. Establecer conexiones con los sectores gubernamentales pertinentes también puede permitir conversaciones de seguimiento sobre los desafíos encontrados y los progresos realizados durante la aplicación de las NCS^[16].

Otros grupos aportarán perspectivas diferentes. Los representantes del sector privado pueden estar más interesados en invertir en las NCS para cumplir con los objetivos de neutralidad climática o sostenibilidad o para compensar las emisiones inevitables, mientras que los investigadores académicos pueden estar más centrados en identificar la mejor información y modelos disponibles para evaluar el potencial de mitigación de las NCS y los cobeneficios. Los defensores de la comunidad pueden estar más

interesados en los beneficios culturales, de salud o de subsistencia, o en resolver las desigualdades históricas. Es importante incorporar estas diversas perspectivas y tener presente que las decisiones tomadas al estructurar la evaluación pueden tener implicaciones en el mundo real que afecten a los grupos de interesados de diferentes maneras. Los

procesos de elaboración de políticas son a menudo difíciles de navegar, especialmente para los grupos marginados. Incluir una variedad de grupos de interesados en el proceso de análisis puede ayudar a garantizar que esas perspectivas se integren en las conclusiones compartidas con los tomadores de decisiones.

Organizar un taller de NCS

Hemos comprobado que, tras una planificación inicial y una investigación de los antecedentes, resulta muy útil celebrar un taller inicial de 2 o 3 días. Reunirse con entre 20 y 30 representantes clave puede ayudarle a recopilar información adicional, a tratar los puntos de decisión identificados en esta guía y a involucrar a los investigadores en la realización de la evaluación. Además de ofrecer orientación, estos expertos y otras partes interesadas pueden convertirse en defensores de la difusión de la evaluación

resultante de las NCS y de la aplicación de las estrategias de mitigación.

Por ejemplo, el equipo de Indonesia se asoció con la agencia de investigación del Ministerio de Medio Ambiente y Silvicultura para organizar un taller con el fin de socializar el concepto de NCS e identificar las rutas más prioritarias para la evaluación nacional. Al incluir a un gran número de partes interesadas en este proceso, el equipo logró un alto nivel de aceptación por parte de las partes influyentes, el cual se vio reforzado por el compromiso continuo después del taller para garantizar una alineación constante.

3. Montaje del conjunto de datos



Powderhorn Ranch, una de las pocas grandes extensiones de pradera costera nativa intacta y humedales que quedan en la costa de Texas, Estados Unidos. © Jerod Foster/TNC

3.

Una vez que se han identificado las rutas para el análisis y se conocen la investigación, las políticas y las partes interesadas pertinentes, el siguiente paso es recopilar los conjuntos de datos necesarios para calcular el potencial de mitigación de cada ruta de las NCS.

A la hora de buscar conjuntos de datos, un buen lugar para empezar es la herramienta [Accelerating Climate Ambition and Impact: Toolkit for Mainstreaming Nature-Based Solutions into Nationally Determined Contributions](#)^[19] publicada por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. *Ver también el apéndice: Recursos adicionales.* Independientemente de que se utilicen datos mundiales, nacionales o locales, los temas que se indican a continuación deberán abordarse en cualquier evaluación de las NCS. Esta fase es probablemente la más larga y

tiende a ser bastante iterativa, ya que puede ser necesario ajustar el alcance de la evaluación a medida que se integra la nueva información.

Establecimiento de la línea base

Para que las NCS cuenten como mitigación del cambio climático, las acciones deben capturar más carbono,

o reducir más emisiones de GEI, en comparación con un escenario de referencia. Esta línea base cuantifica el aspecto de las emisiones y/o la captura de carbono si no se toman medidas de mitigación *adicionales*. En algunos casos, la estimación de la línea base será difícil debido a la complejidad o a la escasez de datos, pero, no obstante, se trata de un paso importante que debe considerarse cuidadosamente. A la hora de establecer una línea base para su país o jurisdicción, tenga en cuenta lo siguiente:

Los datos deben ser recientes. Establecer una línea base exacta requiere datos relativamente recientes (de la última década aproximadamente), ya que los datos más antiguos pueden no reflejar las condiciones actuales. Si carece de datos nacionales recientes, puede considerar el uso de datos mundiales como alternativa.

Los datos deben incluir varios años. Es importante analizar las emisiones de varios años recientes para tener en cuenta las variaciones interanuales. Por ejemplo, los datos disponibles más recientes pueden corresponder a un año en el que las emisiones fueron inusualmente altas o bajas en comparación con la media (p. ej., debido a una tormenta tropical, un boom de desarrollo, una pandemia mundial, etc.). El uso de datos de varios años le permitirá calcular una media anual que suavizará los valores atípicos. Si hay una tendencia significativa al alza o a la baja en los últimos años, querrá también contar con una línea base que refleje esa tendencia. En muchos casos, es conveniente utilizar 10 años de datos.

Manténgalo simple. A veces se utilizan modelos sofisticados para intentar predecir una línea base para el futuro, pero los estudios han demostrado que los modelos de predicción sofisticados pueden fallar^[20]. En general, hemos comprobado que los datos históricos predicen mejor las tendencias futuras y son más sencillos de entender. Dicho esto, es posible mejorar la línea base prevista para el futuro

con información adicional sobre los planes futuros de su país. Por ejemplo, podría contabilizar los grandes proyectos de infraestructura ya planificados (p. ej., nuevas instalaciones de extracción de petróleo que provocarán la pérdida de bosques o turberas).

La atención debe centrarse únicamente en las acciones humanas. Los flujos de los GEI que están fuera del control humano no deben usarse como referencia en una evaluación de las NCS. Por ejemplo, en Canadá, la mayor parte de la pérdida de la cobertura forestal se produce en lugares remotos debido a los incendios forestales y a las perturbaciones causadas por los insectos. A menos que los humanos puedan hacer algo para reducir esas perturbaciones naturales, no sería necesario incluirlas en la línea base. Por el contrario, la atención debe centrarse en las zonas forestales convertidas a otros usos del suelo o afectadas de otro modo por las intervenciones humanas.

Las actividades existentes y en curso cuentan como parte de la línea base. Es importante reconocer que se debe incluir en la línea base las condiciones de gobernanza existentes y los esfuerzos para proteger, manejar o restaurar las tierras naturales. Por ejemplo, si la plantación de árboles después de una tala ya está exigida por la ley y esa ley se aplica generalmente, esta acción no se consideraría una mitigación *adicional* en el marco de las NCS. Por otra parte, puede haber situaciones en las que los esfuerzos históricos no deberían incluirse en la línea base si no hay garantía de que esos esfuerzos continuarán (p. ej., proyectos internacionales de desarrollo, inversiones de filántropos o programas gubernamentales bajo un régimen político concreto). Esto puede verse en la forma en que las inversiones han fluctuado a lo largo del tiempo en Estados Unidos con el Programa de Reservas de Conservación del Departamento de Agricultura y en Canadá con los programas de establecimiento de cortavientos.

Definición de la extensión de las rutas de las NCS

Una vez establecida la línea base, se puede empezar a cuantificar las acciones de mitigación de las NCS. El primer paso para ello es identificar el **alcance de las oportunidades**. Para muchas rutas, la extensión es la superficie de terreno en la que pueden implementarse las NCS, normalmente medida en hectáreas (ha). Para otras, la extensión puede basarse en métricas no relacionadas con el área (p. ej., la ruta de *manejo del estiércol* se mide en cabezas de ganado).

A la hora de identificar la superficie de terreno pertinente, puede ser **útil elaborar mapas** para orientar la implementación hacia los lugares adecuados y para involucrar a los responsables políticos y las partes interesadas locales (¡ya todo el mundo le gusta un mapa!). Sin embargo, la creación de mapas detallados requiere tiempo, recursos y datos. Del mismo modo, es posible que no se conozca la extensión potencial de un determinado ecosistema, como cuando se drenaron las turberas hace cientos de años. Si no puede elaborar mapas, puede utilizar información no espacial para identificar y cuantificar las áreas de oportunidad, como **datos en formato de tabla** sobre cómo ha cambiado la cobertura forestal a lo largo del tiempo.

Tanto si se crean mapas como si no, **debe asegurarse de no contabilizar dos veces los flujos de varias rutas en la misma zona**. Por ejemplo, una oportunidad para evitar la conversión de una turbera boscosa en tierras de cultivo drenadas podría entrar en la ruta de los *impactos evitados en los humedales de agua dulce* o en

la ruta de la *conversión evitada de bosques*, pero no en ambas. La estimación de la mitigación, que tendría en cuenta el carbono de la biomasa y los diversos flujos de GEI, sigue siendo la misma, simplemente es cuestión de dónde se cuenta. Cabe notar que algunas rutas pueden solaparse espacialmente sin que se produzca doble contabilidad. Por ejemplo, las prácticas de *optimización del pastoreo* y la plantación de *leguminosas en los pastizales* pueden ser implementadas en la misma área. Normalmente, **si una ruta de humedales es una opción para un área específica, recomendamos contarla como tal** porque los humedales pueden tener flujos de GEI adicionales (p. ej., metano) y condiciones de suelo distintas en comparación con otros sistemas. También puede tomar decisiones basadas en el costo. Por ejemplo, para una zona de pastos poco productiva, las opciones de las NCS pueden incluir la *reforestación* o la *optimización del pastoreo*. Como la *reforestación* puede resultar más cara de llevar a cabo, podría optarse por destinar la zona a la *optimización del pastoreo*.

En general, el objetivo en este paso es identificar la máxima oportunidad biofísica, es decir, la mayor superficie o extensión disponible para la intervención de las NCS. Para aumentar la relevancia de las políticas, se puede optar por **reducir aún más el máximo biofísico basándose en criterios adicionales** como los costos o la viabilidad. Por ejemplo, en la evaluación de las NCS de Canadá, limitamos nuestra área de plantación de árboles a lugares situados a menos de 1 km de una carretera, asumiendo que sería demasiado laborioso y costoso plantar más lejos de la carretera^[15]. Dependiendo de si la ruta de las NCS que se considera está relacionada con la protección, la mejora del manejo o la restauración, se deberán utilizar diferentes métodos para identificar el alcance de la oportunidad.

RUTAS DE PROTECCIÓN

Las rutas de protección evitan la pérdida o degradación de los ecosistemas. Para cuantificar adecuadamente su extensión, se necesitan dos fuentes de información clave: **1) ¿Dónde se encuentran los ecosistemas? 2) ¿Qué parte de esos ecosistemas está amenazada por la perturbación o la conversión a otros usos del suelo?** Esta segunda pregunta es fundamental; un error común en la planificación de la mitigación es dar prioridad a las zonas que almacenan grandes cantidades de carbono sin preguntarse también si esas zonas están en riesgo debido a la actividad humana. Aunque puede ser importante proteger esas zonas por razones de biodiversidad o de otro tipo, si no se contabiliza adecuadamente la *adicionalidad* de esta manera, no se puede reclamar legítimamente la mitigación del cambio climático.

Puede ser un reto identificar los lugares que probablemente estén amenazados. Si no está claro dónde se necesita la protección, recomendamos observar las tendencias históricas. En algunos casos, los **datos espaciales** están disponibles a través de mecanismos de vigilancia a nivel nacional o de herramientas a escala mundial como [Global Forest Watch](#). En otros casos, es posible que tenga que recurrir a datos no espaciales. Por ejemplo, si se conoce la superficie media de perturbación de las turberas en los últimos diez años, se puede utilizar esa media para predecir la superficie potencial de perturbación evitada en el futuro. Este tipo de cálculo puede dificultar la cartografía de las rutas de protección en el espacio, pero podría ayudar a identificar ubicaciones subnacionales (p. ej., estados, provincias o condados) con mayores índices históricos de perturbación y, por tanto, mayores índices de mitigación potencial.

Como las rutas de protección incorporan la amenaza, su alcance se expresa generalmente en términos de la *tasa* de pérdida prevista, normalmente en hectáreas perdidas por año. Esto contrasta con las rutas de restauración, que generalmente expresan la extensión en términos de la superficie *total* potencialmente restaurada (ha).

¿Cuándo un bosque es un bosque?

Asegúrese de definir claramente cómo está categorizando los tipos de cobertura del suelo. Por ejemplo, los países difieren en lo que consideran un “bosque”. Algunos países consideran que los bosques son cualquier lugar de más de un tamaño determinado (p. ej., 0,5 ha) que tenga al menos una determinada proporción de cobertura arbórea (p. ej., 10% o 25%)^[21]. Los conjuntos de datos a escala mundial suelen utilizar un umbral de cobertura arbórea del 25%-30%. Asegúrese de utilizar un umbral que sea relevante para su propósito, su audiencia y los datos que se utilizan. **Sea cual sea el umbral que elija, utilice el mismo umbral en toda su evaluación.**

¿Cuándo un humedal es un humedal?

Asegúrese de definir claramente sus humedales; mucha gente utiliza el tipo de suelo (p. ej., histosoles) para delimitar los humedales.

3.

RUTAS DE MANEJO

Las rutas de manejo mejoran el uso de las tierras de cultivo de manera que ofrezcan una mitigación del cambio climático al tiempo que mantienen la producción de productos básicos^{[22][23]}. Al igual que en el caso de las rutas de protección y restauración, el alcance de muchas rutas de manejo se expresa en términos de la superficie de tierra en la que podrían aplicarse las prácticas, pero pueden utilizarse otros parámetros. Por ejemplo, la ruta de *manejo de nutrientes* se basa en las cantidades de fertilizantes aplicadas a los campos. Aunque no sea posible elaborar mapas espaciales detallados de estas oportunidades, debería poderse estimar la extensión con una métrica relevante para la ruta.

Los pastizales son políticos

Varias rutas de manejo incluyen estrategias relacionadas con el pastoreo de ganado. Sin embargo, el IPCC y otros organismos destacan el inmenso potencial de mitigación del cambio climático que tiene el cambio de la sociedad hacia una dieta basada en plantas, que liberaría tierras de pastoreo para su restauración y reduciría las emisiones directas del ganado, así como las emisiones indirectas de la deforestación a gran escala asociada a la conversión de bosques en tierras de pastoreo^{[24][25][26]}. Por esta razón, contamos algunas tierras de pastoreo como elegibles para la restauración. Sin embargo, puede que esto no sea política o socialmente viable en su jurisdicción, así que utilice su mejor criterio sobre cómo tratar las tierras de pastoreo en el análisis.

RUTAS DE RESTAURACIÓN

Las rutas de restauración aumentan la superficie de tierra o la funcionalidad de los ecosistemas que han sido degradados o convertidos de su estado histórico^[2]. Las NCS solo incluyen actividades que restauran la cobertura histórica del suelo. Por ejemplo, no incluiríamos la plantación de árboles en pastizales nativos. Las plantaciones de árboles en sistemas de pastizales no suelen tener éxito, pueden reducir la biodiversidad y afectar negativamente al carbono del suelo.

Para cuantificar el alcance de la oportunidad de estas rutas, será necesario saber **dónde se produciría naturalmente cada cobertura terrestre en ausencia de perturbaciones humanas**. Si no se conoce la extensión natural de un determinado ecosistema, por ejemplo, si las praderas marinas se perdieron mucho antes de que se realizara la cartografía, se puede considerar el uso de mapas de ecosistemas para desarrollar una aproximación.

A continuación, deberá conocer la **extensión actual del ecosistema considerado**. Si se resta la extensión actual de la extensión histórica de las áreas naturales, se obtendrá una estimación de la cantidad que se ha convertido para el uso humano. Es posible que pueda trazar un mapa de estas áreas o que simplemente tenga estimaciones no espaciales. Luego, querrá eliminar los lugares con pocas probabilidades de ser restaurados, como las zonas urbanas (a no ser que se considere la *cobertura del dosel urbano*), las tierras de cultivo productivas, las aguas abiertas o el hielo, las cimas de las montañas, etc. La extensión restante representa el área máxima que puede considerarse para la restauración. Como se mencionó anteriormente, es posible que desee filtrar más esta área para encontrar ubicaciones que sean más factibles, como las que son de menor costo, de más fácil acceso o que ofrecen más cobeneficios.

Dado que las rutas de restauración se aplican a escenarios futuros de tierras restaurables, su extensión suele expresarse en términos de la superficie *total* potencialmente restaurada,

normalmente en hectáreas. Esto contrasta con las rutas de protección, que generalmente expresan la extensión en términos de *tasa* de pérdida prevista (hectáreas perdidas por año).

Consejos de reforestación

- Elija un umbral de cobertura arbórea que marque la transición a bosque (ver "*¿Cuándo un bosque es un bosque?*", página 36).
- Compruebe que el terreno era históricamente bosque y no otro ecosistema (p. ej., un pastizal). Determinar lo que se considera "históricamente bosque" no siempre es sencillo. Depende del marco temporal seleccionado y, en algunos casos, de si las zonas en cuestión estuvieron sujetas al uso del fuego y otras prácticas de manejo por parte de los pueblos indígenas locales durante largos períodos de tiempo. Recomendamos basar su decisión en los datos disponibles para un período de tiempo relevante y en conversaciones con las partes interesadas. Aplique esto de forma coherente en toda su evaluación de las NCS.
- Evite áreas inviables o indeseables para los nuevos bosques (p. ej., tierras agrícolas productivas).
- Dé prioridad a una gama diversa de especies nativas frente a las especies no nativas o los monocultivos.
- Tenga en cuenta que los bosques crecen lentamente y que las zonas apropiadas para los bosques están cambiando con el calentamiento del clima. Dé prioridad a las zonas que probablemente sean estables para los bosques a largo plazo.

3.



Una mujer sostiene un árbol joven para plantarlo en Kalimantan Oriental, Indonesia. © Nick Hall/TNC

Cálculo del flujo de gases de efecto invernadero

Además de la extensión, también es importante estimar cómo las NCS cambian la transferencia, o “flujo”, de los GEI entre la tierra y la atmósfera. Los GEI relevantes para las NCS incluyen el dióxido de carbono (CO_2), los gases de nitrógeno (principalmente N_2O) y el metano (CH_4). Dependiendo de la ruta, uno o todos estos gases pueden ser relevantes. Normalmente, el flujo se calcula recopilando las mejores estimaciones disponibles en la literatura especializada.

+1 para el Planeta

Para saber en qué dirección se transfieren los flujos en las ecuaciones analíticas, utilizamos la notación positiva (+) para denotar el aumento de la captura del carbono o la reducción de las emisiones (es decir, para indicar el almacenamiento adicional en el sector AFOLU). Sin embargo, es posible que otros investigadores muestren los valores de los flujos desde la perspectiva de la atmósfera, utilizando valores negativos (-) para denotar el aumento de la captura del carbono o la reducción de las emisiones. Cualquiera de las dos opciones es válida, siempre que se sea coherente en toda la evaluación. Es importante asegurarse de que todos los miembros del equipo utilizan la misma convención de signos.

Para poder comparar las distintas rutas, recomendamos convertir todos los GEI en **equivalentes de dióxido de carbono (CO_2e)**. La conversión requiere multiplicar un GEI por un factor de conversión acordado y estandarizado por la comunidad científica. Las evaluaciones de las NCS suelen utilizar los siguientes factores de conversión, basados en un horizonte temporal de 100 años, de Neubauer y Megonigal (2015)^[27]:

Conversión de GEI a CO_2e

Gas	Período (años)	Potencial de Calentamiento Global de Flujo Sostenido (PCS)
CO_2	Cualquiera	1
CH_4	100	45
N_2O	100	270

Por ejemplo, para convertir 10 toneladas métricas de CH_4 a CO_2e , multiplique por 45, con lo que obtendrá 450 toneladas métricas de CO_2e . En algunos casos, especialmente en el caso de las rutas agrícolas, puede ser conveniente considerar el uso del potencial de calentamiento global^{[28][29]}, que tiene en cuenta los contaminantes climáticos de vida corta como un pulso. Sean cuales sean los factores de conversión que utilice, asegúrese de citarlos en todos los informes de evaluación de las NCS y haga un seguimiento cuidadoso de sus unidades. Puede ser útil dar también las estimaciones en sus unidades originales para que sea fácil convertir entre CO_2e y GEI específicos según sea necesario.

En el caso de las **rutas de protección**, los principales flujos son las emisiones que se evitan al impedir la conversión o la degradación continua. Por ejemplo, el flujo asociado a la *conversión evitada de bosques* incluye las reservas de carbono que se pierden debido a las alteraciones de la vegetación y el suelo (normalmente



Vista nocturna del bosque de Kalimantan Oriental, Borneo, Indonesia, cerca del sitio de estudio de los orangutanes del río Lesan. © Mark Godfrey/TNC

expresadas en unidades de toneladas métricas de carbono por hectárea, representadas como t C/ha o Mg C ha⁻¹). En teoría, también se podría tener en cuenta la pérdida de capacidad del sistema para capturar más carbono en el futuro, pero es más conservador (y más sencillo) excluirlo, dada la incertidumbre en torno a los futuros impactos climáticos en los ecosistemas (ver *“Consideración de las retroalimentaciones climáticas”* en la página 42). En el caso de las **rutas de manejo**, el flujo es el aumento de la captura de carbono o la reducción de las emisiones debido a la mejora de las prácticas de manejo en comparación con el escenario de referencia. En el caso de las **rutas de restauración**,

los mayores valores de flujo suelen deberse a la captura adicional de GEI en la vegetación y el suelo (normalmente expresado en unidades de toneladas métricas de carbono capturado por hectárea y por año, representado como t C/ha/año o Mg C ha⁻¹año⁻¹), pero la restauración también puede ayudar a evitar las emisiones que provienen de los ecosistemas degradados. Por ejemplo, cuando se drenan las turberas, pueden pasar años hasta que se degraden por completo (o se conviertan) y emitirán GEI durante todo ese tiempo. Por lo tanto, la restauración de la hidrología de las turberas mejora la captura de carbono y, al mismo tiempo, evita las emisiones.

3.

No solo carbono

Recomendamos no utilizar “carbono” como abreviatura de CO₂ o de CO₂e, ya que algunos análisis pueden utilizar el carbono (C) como unidad de medida real, especialmente para las reservas de los ecosistemas. Los errores son comunes y tienen un gran impacto, ya que una tonelada métrica de carbono equivale a

~3,67 toneladas de dióxido de carbono. **Utilice la fórmula $CO_2e = C \cdot (44/12)$ al convertir las unidades entre C y CO₂e** para reflejar la diferencia entre el peso atómico de CO₂ (44 unidades de masa atómica) y de C (12 unidades de masa atómica). Independientemente de las notaciones que utilice, indique siempre con claridad las unidades que está usando.

Cómo calcular los flujos forestales

Una forma de calcular el flujo es utilizar un enfoque de **emisiones comprometidas**, en el que se asume, para facilitar la contabilidad, que todo el carbono de la vegetación cosechada o perturbada se “compromete” con la atmósfera inmediatamente después de la perturbación. Sin embargo, esto suele ser una generalización excesiva. Los restos de

madera pueden descomponerse durante muchos años después de la deforestación antes de dejar de emitir GEI. Por otro lado, la madera recolectada puede proporcionar materiales de construcción más sostenibles que el hormigón o el acero, o fuentes de energía que sustituyan a los combustibles fósiles más intensivos en carbono. Las cuestiones sobre el almacenamiento y la sustitución de productos de madera son complejas y requieren datos de evaluación del ciclo de vida^[30] para averiguar el impacto neto en todo el sistema correspondiente.

A la hora de calcular el flujo para cada una de las rutas de las NCS, hay que tener en cuenta algunos factores adicionales:

Línea base: Si bien las líneas base suelen incorporarse a las estimaciones de la extensión, a veces las estimaciones del flujo de las NCS también deben expresarse en relación con una línea base. Por ejemplo, los humedales restaurados emitirán metano, pero en última instancia emitirán menos metano que los humedales no restaurados. El flujo de las NCS representará, por tanto, la mejora de las emisiones de metano debida a la implementación de las NCS.

Ubicación: Los flujos varían en el espacio. Encontramos, por ejemplo, que en Estados Unidos la captura de carbono que resulta de dejar que los bosques vuelvan a crecer varía en más de 25 veces dependiendo de la ubicación^[31]. Aunque es ventajoso utilizar estimaciones espacialmente precisas siempre que sea posible, a veces la mejor información disponible provendrá de estimaciones que se aplican a grandes áreas. Es importante tener cuidado al reducir las medidas de flujo de un área grande como un país a regiones más pequeñas como un estado, una provincia o un municipio, ya que los valores promedio de un área grande pueden no proporcionar un valor preciso para su jurisdicción.

Factores no relacionados con los GEI: Otros factores no relacionados con los GEI pueden influir en el potencial de mitigación, como el albedo. El **albedo** se refiere a la forma en que las diferentes coberturas terrestres reflejan o absorben el calor del sol. El aumento de la cobertura arbórea oscura, sobre todo en lugares con una importante capa de nieve, puede provocar un calentamiento que menoscabe el beneficio de mitigación que supone la captura de carbono en los árboles. Por ejemplo, para la evaluación de Canadá, se combinaron las estimaciones de albedo y captura de carbono para identificar los lugares en los que la restauración de la cobertura forestal puede tener resultados climáticos positivos. Además, el efecto de calentamiento (conocido como forzamiento radiactivo) del albedo se convirtió en CO₂e para facilitar las comparaciones entre las rutas (*para obtener información detallada sobre los métodos de conversión, ver la sección Materiales y Métodos de “Natural Climate Solutions for Canada” de Drever et al.*). Otros factores, como la **evapotranspiración** y los **compuestos orgánicos volátiles**, también pueden afectar a las estimaciones de mitigación de las NCS, pero la mayoría de las evaluaciones no tienen en cuenta estos factores debido a sus probables pequeños efectos y a la falta de datos disponibles.

Elección de un horizonte temporal

Los sistemas naturales son dinámicos, al igual que las NCS. **Los flujos de GEI cambiarán a lo largo del tiempo, al igual que el alcance de las oportunidades.** Para asegurarse de que las estimaciones de las NCS estén bien elaboradas y sean pertinentes para las políticas, tendrá que especificar el marco temporal de su evaluación. Para ello, **piense en horizontes temporales que sean relevantes para su público objetivo** u otras partes interesadas. ¿Hay fechas asociadas a las NDC de su país? Para poder realizar comparaciones, tendrá que **utilizar el mismo marco temporal en todas las rutas.**

El horizonte temporal determinará la forma de reportar los beneficios de una ruta de NCS. Normalmente, informamos del **potencial de mitigación anual en un año específico y relevante para la política** (p. ej., Gt CO₂e/año en 2030). Sin embargo, también puede informar de la mitigación total que se acumula durante varios años, por ejemplo, Gt CO₂e entre 2020 y 2030.

Estas estimaciones se basan también en las hipótesis sobre la rapidez con la que se llevarán a cabo las actividades de las NCS. ¿Supone que todas las acciones comienzan en el primer año? ¿Ha previsto el tiempo para la divulgación entre las partes interesadas, por ejemplo, entre los agricultores que podrían adoptar mejores prácticas de manejo? ¿Cuánto tiempo se tardará en producir los materiales necesarios, como las plántulas de árboles que se requieren para la reforestación? Elija un escenario de adopción que le resulte lógico a su público objetivo, pero tenga en cuenta que el plazo de implementación influirá en sus estimaciones finales.

Como ejemplo, se seleccionaron dos marcos temporales para la evaluación de las NCS de Canadá, 2020-2030 y 2020-2050, para alinearse con los compromisos de las NDC de Canadá de reducir las emisiones para 2030 y alcanzar la neutralidad de carbono para 2050. Aunque la evaluación se completó en 2020, asumimos que la plantación de árboles no comenzaría hasta 2022, ya que se necesitaría tiempo para cultivar las plántulas que se iban a plantar. Como resultado de este retraso en la implementación y del lento crecimiento inicial de los árboles en Canadá, el potencial de mitigación de la restauración de la cobertura forestal en 2030 era muy pequeño. Sin embargo, a pesar de que no modelamos ninguna plantación adicional después de 2030, el beneficio de la restauración de la cobertura forestal creció 16 veces para 2050.

Consideración de las retroalimentaciones climáticas

Los sistemas naturales tienen el potencial de ayudar a protegernos del cambio climático, pero al mismo tiempo, también están siendo afectados por el cambio climático. Estas retroalimentaciones climáticas pueden repercutir en la futura oportunidad de las NCS. En muchos casos, las retroalimentaciones son negativas y aumentan la probabilidad de sequías, incendios, inundaciones y otras perturbaciones. Pero en algunos casos, las retroalimentaciones pueden ser positivas, por ejemplo, cuando las temperaturas más cálidas conducen a temporadas de crecimiento más largas en latitudes más altas y cuando el aumento de CO₂ impulsa el crecimiento de las plantas. Resulta extremadamente difícil proyectar lo que va a

sucedir con la oportunidad de las NCS en cualquier lugar específico, y modelar las retroalimentaciones climáticas es un área de investigación activa.

En las evaluaciones anteriores de las NCS, no tuvimos en cuenta las retroalimentaciones climáticas porque supusimos que los impactos serían pequeños en nuestro marco temporal de análisis (en muchos casos, desde el día de hoy hasta 2030). Pero a medida que el calentamiento global avanza y/o los horizontes temporales de las evaluaciones se alargan, será cada vez más importante incluir las retroalimentaciones climáticas en los modelos. Por ejemplo, debe pensarse si los cambios en el clima afectarán a la viabilidad o a los beneficios de mitigación de sus rutas de NCS dentro de su horizonte temporal. En caso afirmativo, considere si dispone de suficiente información para incorporar las retroalimentaciones climáticas a su evaluación. Podría decidir, por ejemplo, excluir los lugares con

una alta frecuencia de incendios de su extensión de oportunidad de reforestación, incluso si esos lugares históricamente albergaron bosques, bajo el supuesto de que experimentarán incendios aún más frecuentes en el futuro. Aunque no disponga de suficiente información para cuantificar estas consideraciones en su evaluación, sigue siendo útil examinarlas e incluirlas como debate en su informe de las NCS.

Las investigaciones futuras seguirán perfeccionando nuestra comprensión del papel de las retroalimentaciones climáticas en las futuras oportunidades de las NCS, pero estas investigaciones no deberían retrasar la urgente necesidad de activar las NCS lo antes posible. La forma más eficaz de evitar las retroalimentaciones climáticas es reducir drásticamente la concentración de GEI en la atmósfera mediante un despliegue amplio y rápido de todas las soluciones climáticas.

3.



Reserva de pastizales Marathon, en el oeste de Texas, Estados Unidos. Este diverso hábitat de pastizales del desierto de Chihuahua sustenta una gran variedad de fauna silvestre, incluido el halcón aplomado del norte, en peligro de extinción a nivel federal. © Jerod Foster/TNC

Caracterización de los costos

Los costos, o la reducción de los mismos, son uno de los principales motores de la implementación de las NCS. Por lo general, la aplicación de las NCS requiere inversiones iniciales (p. ej., la compra de nuevos equipos necesarios para la aplicación de fertilizantes de precisión, las existencias para la plantación de árboles, etc.). Pero en algunos casos, las NCS pueden reducir los costos, como un uso más eficiente de los fertilizantes nitrogenados que reduce los costos de los fertilizantes para los agricultores. Las evaluaciones de las NCS realizadas hasta la fecha suelen indicar los **costos netos**, es decir, el total combinado de los aumentos y las reducciones de costos, resultantes de las NCS en una escala temporal determinada.

Es probable que se necesite una variedad de fuentes de datos para aproximar todos los costos relevantes. **Los costos pueden clasificarse en tres grandes categorías:**

- Los **costos de implementación** incluyen los costos asociados con el diseño del programa, la planificación, la capacitación, la asistencia técnica, la preparación del terreno, las acciones de manejo de la ejecución, el mantenimiento y el reemplazo.
- Los **costos de oportunidad** son la variación de las ganancias asociadas con el cambio de la actividad de referencia a una actividad de implementación de las NCS. Por ejemplo, el establecimiento de barreras ribereñas en tierras agrícolas puede reducir la cantidad de tierra en producción en un año determinado y, por tanto, modificar el rendimiento total de los cultivos y las ganancias correspondientes.

- Los **costos de transacción** asociados a las NCS suelen pasarse por alto y son más difíciles de cuantificar^{[32][33][34]}. Incluyen los gastos generales, como el tiempo que los propietarios de las tierras dedican a conocer y familiarizarse con un programa o una práctica de NCS; los recursos que necesita un programa para identificar, contactar e involucrar a los tomadores de decisiones, los posibles propietarios participantes u otros interesados clave; o el tiempo que los propietarios y el personal del programa de las NCS dedican a redactar contratos y a monitorear la implementación de las NCS. Si un proyecto de NCS se utiliza para generar créditos de carbono, los costos de transacción también incluyen el costo de registro, monitoreo, verificación, emisión y retirada de créditos del proyecto.

Los costos netos de la implementación de las NCS también dependen del precio del carbono.

En nuestras evaluaciones de las NCS, solemos considerar el potencial de mitigación a un precio de USD 100 por tonelada métrica de CO₂e porque estudios recientes sugieren que esto es lo que costará alcanzar los objetivos del Acuerdo de París^{[35][36]}. Además, es probable que el futuro cambio climático por encima de los 2 °C cause mayores daños a la humanidad que los costos de limitar el cambio climático a 2 °C^{[37][38]}. Así, consideramos que las estrategias de mitigación que cuestan USD 100/tCO₂e son costo-efectivas. Dicho esto, debe elegir un punto de precio que sea adecuado para su análisis. Por ejemplo, USD 10/tCO₂e podría reflejar mejor el precio actual del carbono en los mercados voluntarios o regulatorios pertinentes, o USD 50/tCO₂e podría ajustarse a las ambiciones políticas específicas de su país (ver el apéndice: *Estimación de los costos*).



4. Realizar el análisis



Estimación de la mitigación

Ahora que ha establecido los parámetros de su evaluación y ha recopilado información sobre las líneas base, el alcance, el flujo y los costos, es el momento de cuantificar el potencial de mitigación de cada ruta de las NCS. Puede ser útil consultar evaluaciones anteriores de NCS^{[2][15][39]} y replicar los métodos con los conjuntos de datos específicos que tiene a su disposición.

La ecuación para cada ruta es sencilla:

$$\text{Extensión} \times \text{Flujo} = \text{Máximo potencial de mitigación}$$

Si se han convertido todas las unidades de flujo de GEI a CO₂e, al multiplicar los valores de flujo anual y extensión se obtiene una estimación del potencial máximo de mitigación biofísica en CO₂e por año para esa ruta.

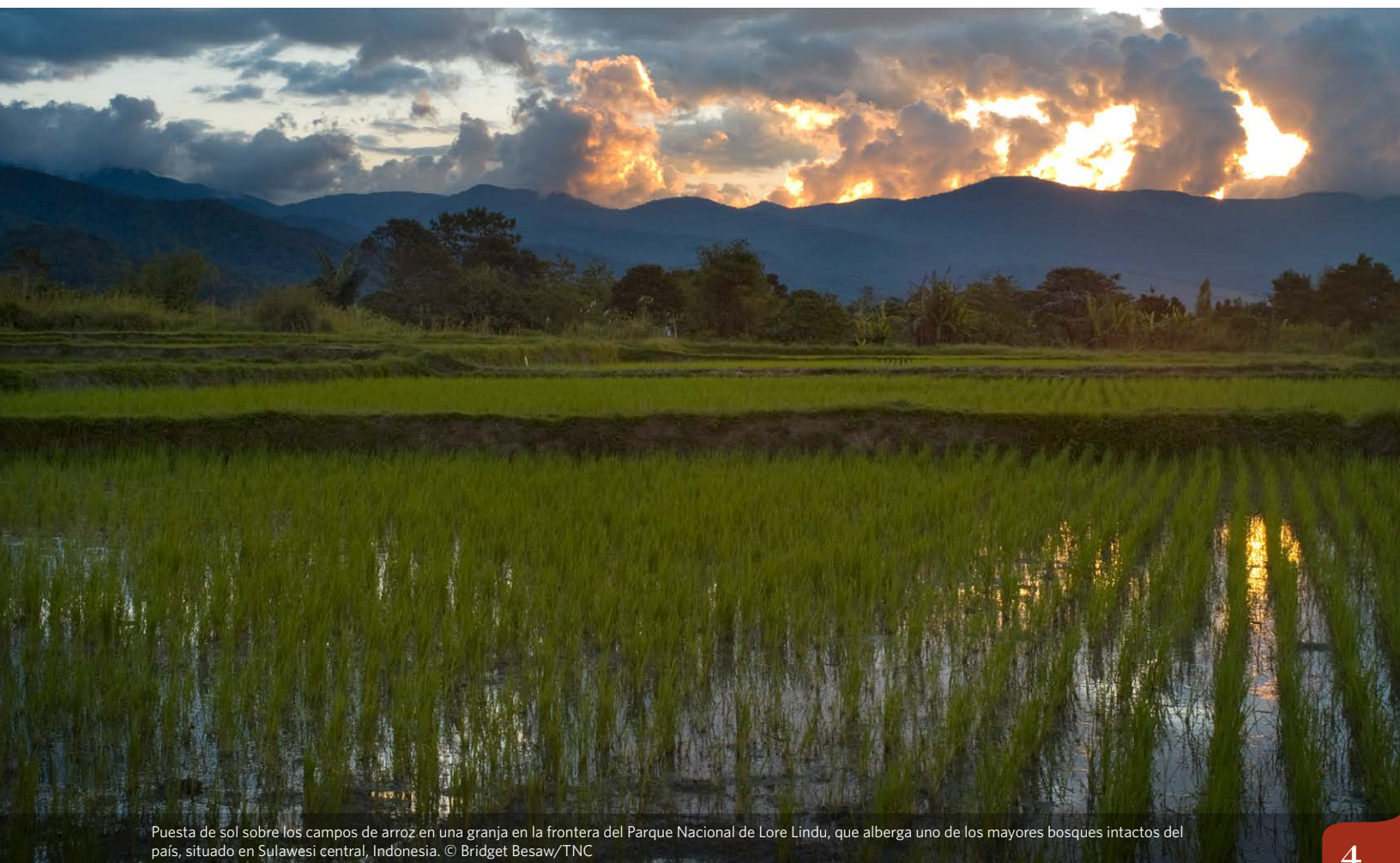
También puede considerar las diferencias en el potencial de mitigación para múltiples actividades dentro de una misma ruta. Por ejemplo, en su jurisdicción pueden ser relevantes múltiples actividades de *reforestación*, como el rebrote natural, la regeneración asistida y/o la plantación activa de árboles. En este caso, podría ser útil desglosar la *reforestación* en actividades separadas para ayudar a los responsables de la toma de decisiones a comprender las ventajas de invertir en una o varias de estas opciones.

Cuantificación de la incertidumbre

Es una buena práctica cuantificar la incertidumbre en torno a todas las estimaciones de las NCS, ya que el rango de la extensión y flujo (y, por lo tanto, de mitigación) puede variar mucho. **Informar solo las cifras medias o la mediana de las estimaciones con grandes rangos de incertidumbre puede inducir a error a los tomadores de decisiones.** Normalmente, la cuantificación de la incertidumbre implica la determinación de un rango esperado (p. ej., un intervalo de confianza del 95%) alrededor de cada parámetro estimado para indicar los valores más bajos y más altos que se espera que se produzcan. La mejor manera de calcular este rango para cada variable es encontrar múltiples estimaciones independientes en la literatura especializada y luego utilizar la media y la desviación estándar alrededor de esa media en su evaluación. Si no se dispone de múltiples estimaciones independientes, se puede considerar la posibilidad de utilizar el juicio de expertos para obtener estimaciones mediante el proceso Delphi^{[40][41][42]}. Esto implica un proceso de 3 pasos: 1) se pide a varios expertos que presenten sus mejores estimaciones, 2) las respuestas se recopilan de forma anónima y se distribuyen a los expertos, 3) los expertos tienen la oportunidad de revisar sus estimaciones basándose en las demás respuestas. El rango final de estimaciones puede servir como rango de incertidumbre para su evaluación.

Una vez que tenga las estimaciones de la incertidumbre en torno a todas las variables de sus cálculos, tendrá que combinarlas para estimar la incertidumbre global (también conocida

4.



Puesta de sol sobre los campos de arroz en una granja en la frontera del Parque Nacional de Lore Lindu, que alberga uno de los mayores bosques intactos del país, situado en Sulawesi central, Indonesia. © Bridget Besaw/TNC

4.

como propagación de errores^[43]). Aunque el IPCC ha desarrollado enfoques recomendados para estimar la incertidumbre^[44], hemos comprobado que estos enfoques generales no siempre captan la complejidad de nuestros análisis. Por ejemplo, si hay múltiples variables combinadas en una fórmula para estimar la mitigación o si los valores de la incertidumbre no forman una distribución normal, hemos optado por utilizar una herramienta analítica llamada Simulación de Montecarlo para propagar la incertidumbre de múltiples fuentes. Con este método, que puede ejecutarse en muchos programas estadísticos, se extraería aleatoriamente una estimación de la envolvente de incertidumbre en torno a cada variable y luego se utilizaría ese número para estimar la mitigación general de la ruta. Repitiendo este proceso muchas veces

(p. ej., de 10.000 a 100.000) se puede estimar la incertidumbre general de una ruta (o de todas las rutas combinadas). Consulte este documento de orientación para obtener más información sobre las simulaciones de Montecarlo^[45].

Habrán otras fuentes de incertidumbre que serán difíciles de cuantificar, como la forma en que la retroalimentación climática afectará a sus estimaciones de mitigación. A la hora de comunicar los resultados de su evaluación de las NCS, es importante 1) señalar que la gama de resultados posibles podría ser mayor que la estimada, teniendo en cuenta estas incógnitas, y 2) documentar cómo sus suposiciones, los diferentes escenarios futuros potenciales y la variabilidad de los datos subyacentes contribuyen a los rangos comunicados.

Incorporación de los costos: Curvas de costos marginales de reducción

Una vez completada la evaluación de la mitigación, la integración de las evaluaciones de costos en la evaluación de las NCS puede informar mejor la toma de decisiones. Una forma de hacerlo es crear curvas de costo marginal de reducción (MAC, por sus siglas en inglés) para cada ruta, que representan gráficamente el costo de lograr cada tonelada métrica adicional de captura de CO₂e o de emisiones evitadas.

El MAC de un proyecto centrado exclusivamente en la mitigación se calcula dividiendo los costos totales del proyecto por la mitigación total que logra dicho proyecto. En el caso de los proyectos multiobjetivo, si los costos de mitigación pueden separarse de los costos totales, el MAC se calcula dividiendo los costos de los componentes de mitigación por la mitigación total que logra el proyecto. Si no es así, la estimación del MAC requiere un análisis minucioso para identificar los costos adicionales incurridos por las actividades de mitigación. Los costos y la mitigación deben contabilizarse en el mismo horizonte temporal (p. ej., 30 años). Para construir una curva de MAC, organice todos los proyectos (también conocidos como “incrementos de mitigación”), representados por un punto o una barra, en un gráfico de menor a mayor MAC. La curva resultante identifica la mitigación total. **Una curva de MAC bien construida identifica la mitigación total que puede lograrse a un costo determinado por tonelada métrica de CO₂e. Esto ayuda a identificar los puntos clave del precio para activar la implementación de las NCS.**

Aquí se muestra un ejemplo de curva de MAC para la *restauración de pastizales* en Estados Unidos. Muestra que se podrían eliminar de la atmósfera aproximadamente 9 Mt CO₂e al año, suponiendo un precio de mercado del carbono de USD 100 por tonelada métrica de CO₂e, si se restauraran todos los pastizales potencialmente disponibles en Estados Unidos.

El eje y muestra el costo de cada tonelada métrica adicional de CO₂e eliminada y el eje x muestra la mitigación. La curva se inclina hacia arriba por cada tonelada métrica adicional de CO₂e eliminada porque las tierras varían en su costo por hectárea y en su potencial de mitigación por hectárea y año. Como la mitigación en el gráfico está ordenada desde el costo más bajo a la izquierda hasta el costo más alto a la derecha, la curva de MAC supone, por tanto, que la restauración de los pastizales se lleva a cabo primero en las tierras que logran la mitigación con el menor costo por unidad. El gráfico muestra que a un costo de USD 10/tCO₂e, casi no es posible restaurar los pastizales y, por lo tanto, se puede

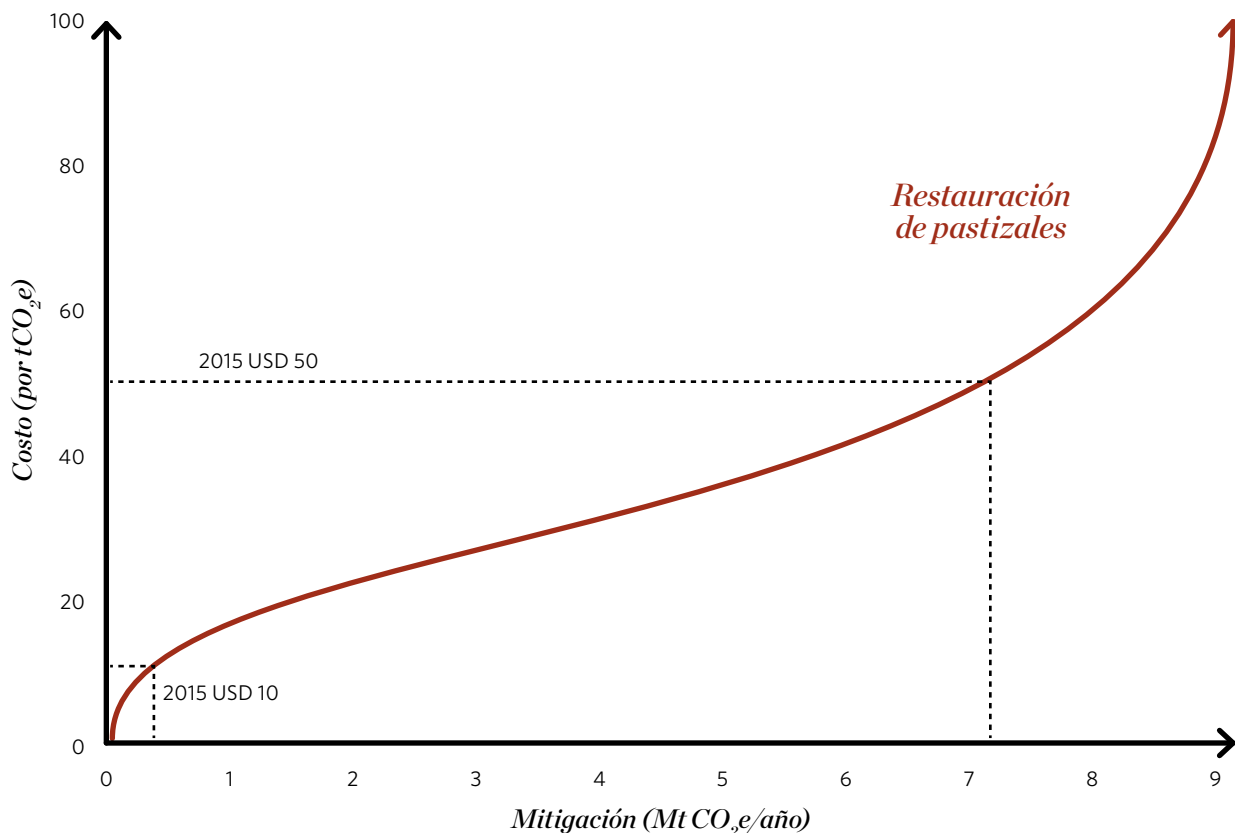


Gráfico 8. Curvas de costos marginales de reducción para la restauración de pastizales en Estados Unidos^[39]

lograr muy poca mitigación. Sin embargo, si se paga a los propietarios o administradores hasta USD 50/tCO₂e, podrían capturarse más de 7 Mt CO₂e cada año.

Las curvas de MAC permiten estimar el presupuesto total necesario para lograr una determinada cantidad de mitigación. El ejemplo anterior muestra la mitigación anual en 2025, pero podría convertirse en una curva de MAC que muestre la mitigación total acumulada durante el período de evaluación 2019-2025. Utilizando esa curva de MAC acumulativa, el presupuesto total necesario para cualquier cantidad de reducción puede estimarse multiplicando cada tonelada de CO₂e mitigada durante el horizonte temporal de la evaluación por su

respectivo costo marginal de reducción y sumando después todos estos valores (es decir, analíticamente, el costo total viene dado por el área que está por debajo de la curva de MAC, hasta la cantidad total de reducción elegida).

Por último, **las curvas de MAC pueden ayudar a decidir qué NCS son actualmente viables desde el punto de vista económico**. Es importante recordar que la mayoría de las rutas de las NCS tienen cobeneficios no relacionados con el carbono que mejoran el bienestar de las personas y promueven los ODS^{[46][47]}. Estos beneficios pueden ser más difíciles de valorar en términos monetarios y, por lo general, no se incluyen en las estimaciones de las MAC, a menos que se acumulen para los propietarios de las

tierras que implementan la acción de mitigación, lo que reduciría los costos de oportunidad de los propietarios de las tierras para la mitigación. En algunos casos, esos **cobeneficios pueden tener un valor económico superior al de la propia mitigación**. En todos los casos, tienen un **valor económico real para las personas que reduce el costo de las NCS para el conjunto de la sociedad en comparación con los costos indicados por las curvas de MAC**.

Por ejemplo, la ampliación de la *cobertura del dosel urbano* podría tener un costo muy elevado por tonelada métrica de CO₂e capturada y, por tanto, podría no parecer competitiva con los enfoques de mitigación. Sin embargo, los árboles urbanos también proporcionan un manejo de las aguas pluviales, mejoran la salud respiratoria de las personas y reducen su exposición al calor, proporcionan beneficios para la salud mental y reducen la demanda máxima de electricidad en las zonas donde se utiliza aire acondicionado^[48]. El valor combinado de este conjunto de beneficios a menudo supera los costos de plantación y manejo de los árboles^[49]. Así pues, aunque la plantación de árboles urbanos puede no ser una estrategia de mitigación del cambio climático costo-efectiva, en muchos lugares es una estrategia que produce beneficios económicos y humanos netos, con la mitigación como cobeneficio. *Ver también el apéndice: Estimación de los costos*.

Las curvas de MAC pueden construirse utilizando dos enfoques básicos. El primero, el enfoque “**ascendente**”, utiliza información específica sobre los costos y la mitigación de proyectos reales^{[15][39]}. Este enfoque puede revelar los costos de transacción específicos del contexto (los gastos derivados de las actividades que permiten la implementación del proyecto de mitigación, como la participación de los propietarios de las tierras y la elaboración de contratos), que suelen ser escalados. Sin embargo, tiene varias limitaciones. En primer lugar, suele requerir la extrapolación de los

datos de un conjunto limitado de proyectos al resto del área identificada como potencialmente adecuada para la implementación de esa ruta. En segundo lugar, los proyectos de las NCS existentes pueden no ser representativos de otras áreas. Por ejemplo, los proyectos existentes pueden ser proyectos de demostración y pueden implicar estudios científicos, lo que tendería a aumentar los costos en comparación con los proyectos que no tienen una finalidad científica. Del mismo modo, los proyectos futuros pueden tener costos más bajos que los existentes porque pueden aprovechar los conocimientos adquiridos o porque pueden realizar economías de escala. O, por el contrario, los proyectos actuales podrían haberse implementado en los lugares más propicios (bajo costo, alta mitigación), lo que haría que los proyectos futuros sean menos costo-efectivos.

El segundo enfoque, “**descendente**”, se basa en modelar los datos observables empíricamente, analizando los datos sobre la cobertura del suelo o el manejo en función de variables independientes (p. ej., los precios agrícolas, las características del suelo, la pendiente, la proximidad a las carreteras y las zonas urbanas). Los modelos utilizados pueden ser muy variados, desde modelos espacio-económicos relativamente sencillos^[50] hasta complejos modelos de optimización multisectorial^[51]. Este enfoque basado en la elaboración de modelos se adapta bien a grandes extensiones de tierra y permite explorar sistemáticamente cómo respondería el uso o el manejo de la tierra a intervenciones específicas, como la variación de los precios del carbono. La limitación de este enfoque es la necesidad de contar con información espacialmente completa y de suficiente alta resolución sobre las variables clave del modelo, como el valor o el uso de la tierra. Además, a diferencia de los enfoques ascendentes, los descendentes no pueden estimar directamente los costos de transacción, sino que solo pueden añadirlos de forma *ad hoc*.

Contabilización de los cambios de costos futuros: Descuento

Un proyecto de NCS incurre en costos y produce mitigación a lo largo de varios años. Además, los costos suelen producirse al principio, mientras que los beneficios de la mitigación se producirán a lo largo de décadas o siglos. Las pruebas empíricas demuestran que los individuos y las sociedades valoran más los costos y los beneficios incurridos hoy que los costos y los beneficios incurridos en algún momento futuro^{[52][53]}. **Para comparar adecuadamente los costos y beneficios presentes y futuros, utilizamos un proceso denominado descuento, el cual expresa los valores monetarios de los costos o beneficios futuros en sus equivalentes de valor presente.**

Para cuantificar los valores futuros en equivalentes actuales se utiliza una tasa de descuento. La elección de la tasa de descuento tiene un gran impacto en la economía de los proyectos de mitigación del cambio climático, por lo que hay que tener mucho cuidado en identificar la tasa de descuento correcta a utilizar en un proyecto determinado. Los proyectos de mitigación que buscan la **inversión privada** generalmente deben utilizar el costo de oportunidad del capital del inversionista como tasa de descuento, que puede aproximarse utilizando las tasas de interés de los préstamos o las tasas de rendimiento antes de impuestos. Por el contrario, los análisis de

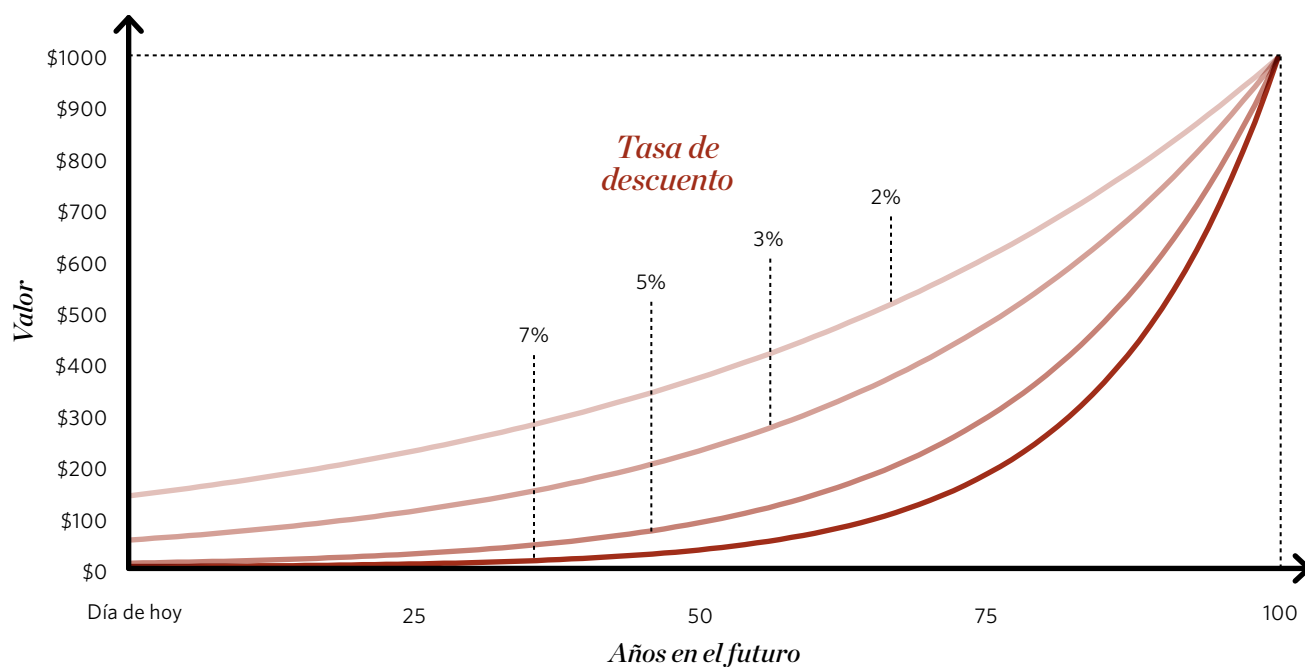


Gráfico 9. Ejemplo del impacto de diferentes tasas de descuento en el valor actual de USD 1.000 recibidos dentro de 100 años

los proyectos de mitigación **financiados con fondos públicos** que aportan beneficios a la población en general deben utilizar tasas de descuento social que reflejen cómo los habitantes de un país compensan el consumo presente por el futuro.

Además, existe un acuerdo generalizado entre los economistas profesionales de que los análisis de los proyectos financiados con fondos públicos deben utilizar tasas de descuento social decrecientes^[54]. Esto es especialmente cierto en el caso de los análisis costo-beneficio de los proyectos de mitigación, debido al largo horizonte temporal en el que se producen los beneficios. Aunque la estimación de las tasas de descuento social es una tarea compleja, muchos países han adoptado tasas de descuento social específicas para que las utilicen los organismos

nacionales en los análisis de las políticas públicas, y se dispone de estimaciones de las tasas de descuento social para casi todos los países^{[55][56]}.

Próximos pasos

Hasta la fecha, las evaluaciones de las NCS se han centrado en gran medida en comprender la cantidad de mitigación disponible y en cómo esta varía en función de los costos y la ubicación. Aunque es fundamental responder a estas preguntas, es probable que haya que dar pasos adicionales para que la información sea lo más útil posible para la toma de decisiones y la acción sobre el terreno. **La evaluación de la oportunidad de las NCS debe ir seguida de una acción concreta para activarla.**

4.



Bisontes pastando en la Reserva de Pastizales de Broken Kettle, en Loess Hills, Iowa, Estados Unidos. Loess Hills es la mayor pradera nativa contigua de Iowa y los bisontes ayudarán a devolver la región a un estado más natural. © Chris Helzer/TNC

¡NO SE OLVIDE DE LA DIVULGACIÓN!

Además de su público objetivo principal, es probable que haya otros responsables de la toma de decisiones, expertos en política y ciencia, organizaciones socias, comunidades afectadas, etc., que estarán interesados y podrán utilizar los resultados de sus evaluaciones. Recomendamos publicar las evaluaciones de las NCS en revistas revisadas por pares y de acceso abierto siempre que sea posible. Esto garantiza que sus métodos y resultados sean creíbles, transparentes y estén disponibles para un público más amplio que el que podría alcanzar mediante la participación directa. Sin embargo, también hemos comprobado que el compromiso directo y específico con grupos de usuarios clave, como los organismos gubernamentales, ayuda a que la gente comprenda mejor los resultados y los asuma.

Asimismo, puede ser útil generar piezas complementarias, como un informe político o una página web. [Nature4Climate](#) es un ejemplo de cómo múltiples organizaciones han utilizado un sitio web y las herramientas de comunicación asociadas para compartir resultados analíticos y otra información. Su historia puede ser ampliamente difundida a través de las redes sociales, los artículos de prensa o los blogs. Las fotos, las infografías y los estudios de casos convincentes pueden aumentar el impacto de estos métodos de comunicación, especialmente a medida que se extiende a un público más amplio.

PASAR DEL “¿CUÁNTO?” AL “¿CÓMO?”

En función de sus objetivos, es posible que tenga que profundizar en su evaluación inicial. Por ejemplo, podría llevar a cabo estudios más detallados de costo-efectividad para determinar el retorno de la inversión o investigar otros incentivos a la acción (ver el apéndice: *Estimaciones de costos para profundizar en las consideraciones de costos*).

Del mismo modo, aunque la mitigación es importante, otros beneficios de la implementación de las NCS pueden a menudo impulsar la acción, como la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas (ver el apéndice: *Cobeneficios*). Es posible que desee medir directamente y mapear los cobeneficios pertinentes para compartirlos con su público objetivo y otras partes interesadas.

Determinar cómo financiar los proyectos de las NCS es otra consideración clave para su implementación. Si se utilizan adecuadamente, las compensaciones de carbono y otros mecanismos de pago por resultados pueden ser opciones, además de una fuente de ingresos para los propietarios de las tierras (ver el apéndice: *Compensaciones para una introducción a las compensaciones y su uso*).

IMPACTOS HUMANOS

En esta guía, apenas hemos empezado a comprender las posibles repercusiones en el bienestar social y humano, y se necesita mucha más investigación en este ámbito. Las intervenciones de las NCS pueden contribuir a promover los ODS y a mejorar la calidad de vida de las personas, por ejemplo, mediante el fortalecimiento de la seguridad alimentaria, la gobernanza y las oportunidades económicas sostenibles. Al mismo tiempo, es crucial reconocer y mejorar las desigualdades relacionadas con el clima, tanto en lo que respecta a las injusticias históricas como a los futuros impactos agravados en las comunidades marginadas. Aunque la implementación de los proyectos de las NCS puede promover beneficios para las personas, esto no está intrínsecamente garantizado. El trabajo de comprender los impactos de las NCS en varias comunidades debe hacerse por sí mismo, pero la participación de las partes interesadas y la resolución de las injusticias también harán que la implementación de las NCS sea más viable y sostenible (ver el apéndice: *Prácticas justas*).

APROVECHAR LA TECNOLOGÍA

Cada día aparecen nuevos datos y tecnologías que modifican constantemente las prácticas de análisis e implementación. El campo de la teledetección está floreciendo, llenando los vacíos de datos y generando mapas a escala más fina de las diferentes oportunidades de rutas en diferentes lugares. Estos avances pueden reducir la incertidumbre, mejorar la precisión espacial y ayudar a los responsables de la toma de decisiones a visualizar más claramente las oportunidades de implementación. La teledetección también es prometedora para supervisar las rutas de las NCS y comprender si los beneficios del carbono modelados se están realizando, de hecho, sobre el terreno.

APRENDER DE LOS QUE VINIERON ANTES, ENSEÑAR A LOS QUE VIENEN DESPUÉS

Para elaborar esta guía, nos hemos basado en las lecciones aprendidas en cinco países diferentes en los que se ha adoptado y adaptado el marco de las NCS (*para más información sobre las lecciones aprendidas en estas evaluaciones, ver Estudios de casos por países*). Esperamos que los representantes de muchos otros países utilicen las recomendaciones detalladas en esta guía para llevar a cabo sus propias evaluaciones del potencial de mitigación y que compartan sus experiencias en el futuro para que podamos aprender unos de otros y acelerar la aplicación de las NCS en todo el mundo.

Aunque cada país es diferente, de las experiencias de Canadá, China, Colombia, Estados Unidos e Indonesia se desprenden dos lecciones clave:

La confianza y el seguimiento son fundamentales.

Las revistas científicas están llenas de excelentes análisis e investigaciones que han tenido poca repercusión en la política y la acción. El éxito requiere consultar con las partes interesadas desde el principio y con frecuencia, además de hacer un seguimiento con la asistencia técnica y las herramientas adecuadas para que puedan utilizar los resultados de su evaluaciones de las NCS.

Tenemos que realizar y comunicar las evaluaciones de las NCS de forma que permitan comprender las sinergias y las compensaciones.

Una mayor investigación sobre la viabilidad y las herramientas que ayuden a explorar diferentes escenarios de implementación revolucionarían la elaboración de políticas de NCS.

CATALIZAR LA ACCIÓN DE LAS NCS

Se necesitan importantes recursos para liberar el potencial de las NCS^[57]. Afortunadamente, el financiamiento de las NCS ha ido en aumento, y esperamos sinceramente que el ritmo y la escala de la inversión en las NCS —y la implementación resultante— aumenten rápidamente para proporcionar beneficios climáticos medibles y equitativos para un futuro habitable.

Esta guía resume lo que hemos aprendido hasta ahora. Esperamos actualizarla a medida que nuevos estudios, métodos y compromisos de las partes interesadas mejoren los métodos actuales. Nuestra esperanza es que esta guía ayude a otros a completar más rápidamente evaluaciones creíbles e impactantes sobre el potencial de las NCS que permitan la implementación de las NCS sobre el terreno a la escala y el ritmo que la crisis climática requiere.

5. Estudios de casos nacionales



También compartimos en esta guía breves estudios de caso de Canadá, China, Colombia, Estados Unidos e Indonesia...

Hemisferio Oriental



Hemisferio Occidental

...que demuestran cómo los equipos han adaptado el marco mundial de las NCS a sus necesidades, incluidas las lecciones aprendidas en el proceso.

5.

Página anterior: Picos cubiertos de niebla en la Reserva Natural Laohegou, provincia de Sichuan, China. © Nick Hall/TNC

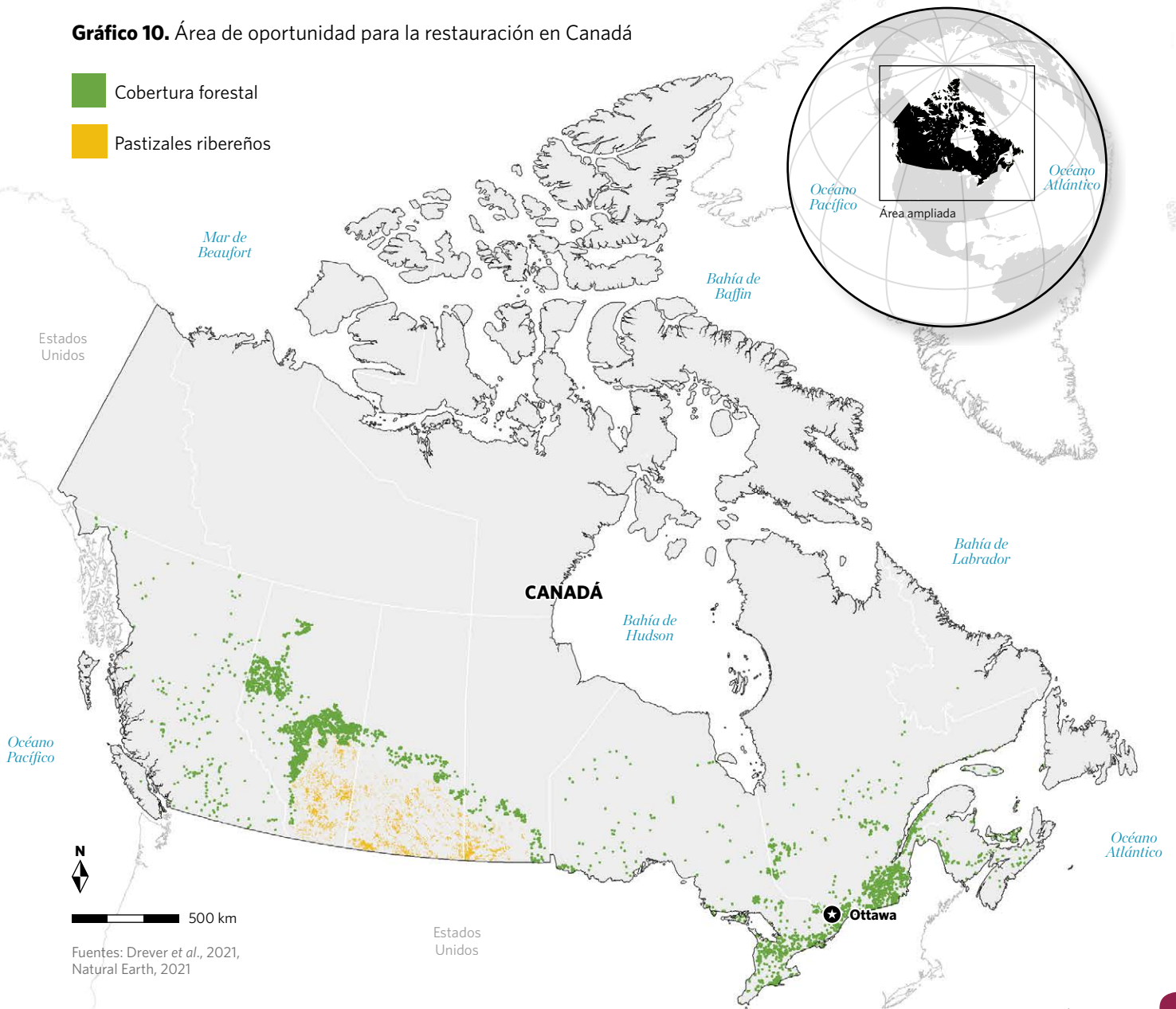


Canadá

5.

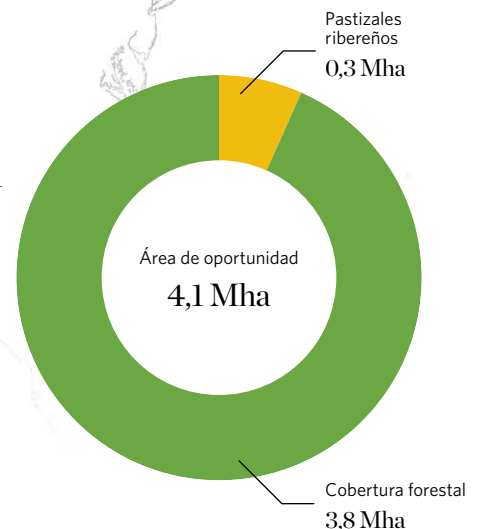
Gráfico 10. Área de oportunidad para la restauración en Canadá

- Cobertura forestal
- Pastizales ribereños



Fuentes: Drever *et al.*, 2021, Natural Earth, 2021

En el marco del Acuerdo de París, Canadá se propone reducir sus emisiones anuales a 511 Mt CO₂e para 2030. Hasta hace poco, las emisiones de UTCUTS no se incluían en los objetivos de reducción de emisiones. Sin embargo, en 2019, Canadá se comprometió a disminuir sus emisiones anuales relacionadas con el UTCUTS. En diciembre de 2020, Canadá anunció un plan climático reforzado y un compromiso de reducción de emisiones anuales en 2030 de 17 Mt CO₂e/año procedentes de UTCUTS y de soluciones basadas en la naturaleza y de 10 Mt CO₂e/año procedentes de la agricultura regenerativa.



Aunque Canadá no es un gran emisor de GEI —sus emisiones son el 1,5% del total mundial—, el país se encuentra entre los 10 principales emisores del mundo y tiene una de las mayores emisiones per cápita (15,1 t CO₂e/persona/año)^[58]. Durante los últimos 20 años, las emisiones anuales de Canadá han fluctuado en torno a 700 Mt CO₂e, siendo los sectores del petróleo, el gas y del transporte los que más contribuyen a ello^[59].

INVESTIGACIÓN DE ANTECEDENTES

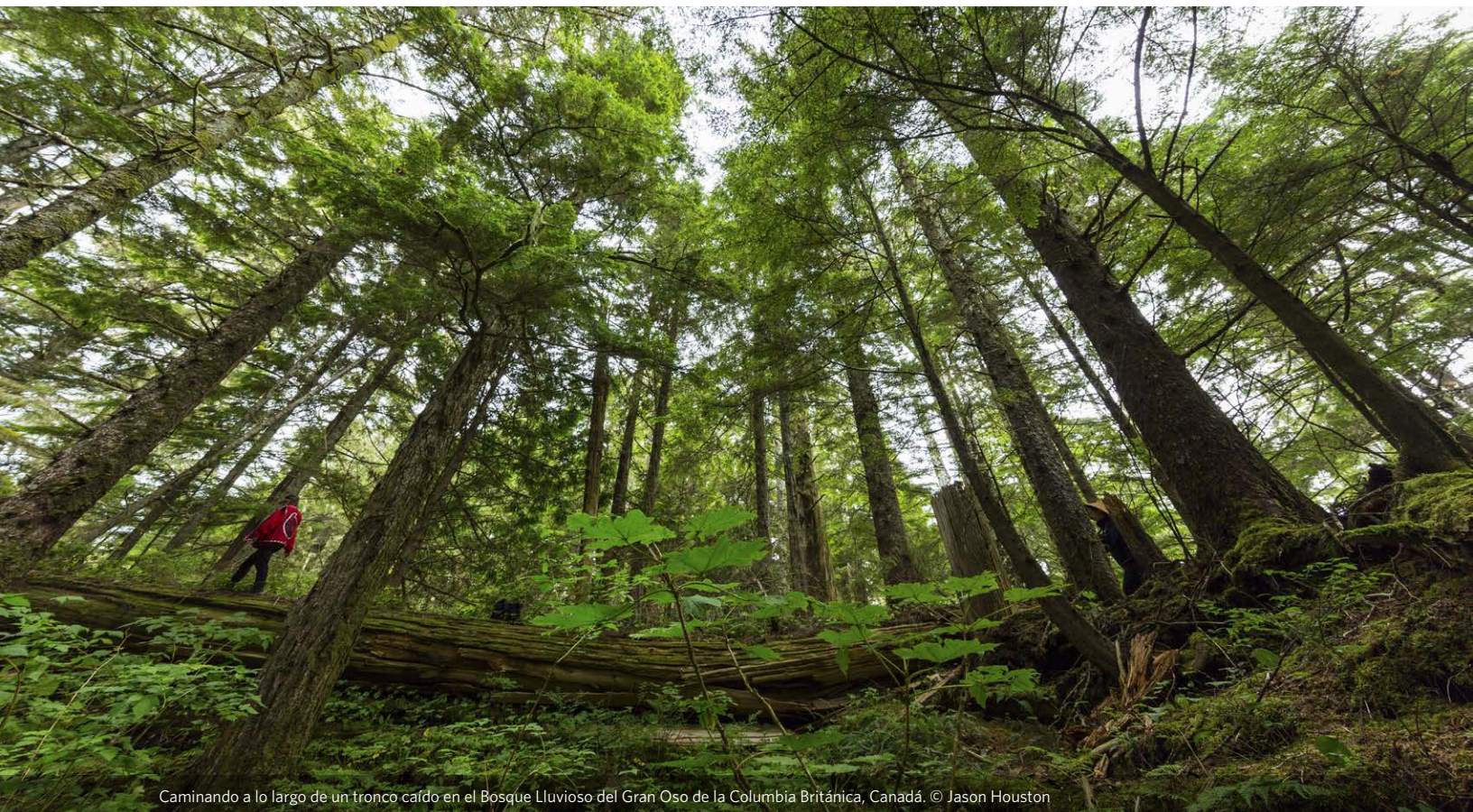
En diciembre de 2020, Canadá se comprometió a destinar casi CAD 4.000 millones en 10 años a la implementación de las NCS, principalmente para plantar 2.000 millones de árboles; conservar y restaurar pastizales, humedales y turberas; y crear un nuevo fondo para las NCS para la agricultura. Estas inversiones relacionadas con el clima tienen como objetivo apoyar otro compromiso de conservación: la protección del 30% de las tierras y los océanos de Canadá para 2030 en el marco del Convenio sobre la Diversidad Biológica^[60].

En consonancia con estos compromisos, Nature United (el programa de Canadá de The Nature Conservancy) tomó en 2017 la decisión estratégica de iniciar un programa de mitigación del cambio climático centrado en las NCS. El enfoque de las NCS respalda mejor el espíritu de Nature United de conservación dirigida por los pueblos indígenas que otros tipos de acción climática. En esta primera etapa, el personal

de Nature United reconoció la falta de conocimientos básicos sobre la oportunidad de mitigación de los sistemas naturales de Canadá e inició un esfuerzo de investigación para construir la base de pruebas para la acción de conservación, desarrollar una red de contactos de expertos y poner a Nature United “en el mapa” como convocante de la ciencia de vanguardia. Desde el principio, Nature United se propuso aprovechar la capacidad y las lecciones aprendidas por TNC a través de las evaluaciones de las NCS para el mundo y en Estados Unidos.

RUTAS DE LAS NCS DE CANADÁ

La lista de posibles rutas para el análisis se generó inicialmente a partir de una revisión bibliográfica de estudios canadienses. Esta lista se examinó durante un taller inicial de expertos invitados celebrado en febrero de 2019, en el que se crearon grupos de trabajo específicos para cada ecosistema. Para algunas rutas, nos basamos en uno o dos expertos a los que el equipo de Nature United/TNC proporcionó apoyo relacionado con la contabilidad, los análisis espaciales o el cálculo de los costos económicos, por ejemplo, la *cobertura vegetal urbana*, el *manejo del estiércol* o el *manejo de nutrientes*. Algunas rutas consideradas por el grupo de trabajo, como el uso de prácticas de manejo forestal para mitigar el riesgo de futuros incendios forestales, fueron descartadas tras conocer que no existían suficientes pruebas para avanzar en el análisis. Dicho esto, el equipo de investigación adoptó el enfoque holístico de incluir todas las rutas relevantes para Canadá que eran factibles de analizar, en lugar de limitarse a unas pocas rutas que se sabía que tenían un alto potencial. El razonamiento fue que, dada la falta de información sobre las NCS en Canadá, un examen exhaustivo de una amplia variedad de rutas en todos los ecosistemas tendría gran relevancia política y sentaría las bases para una conversación nacional sobre el papel de la naturaleza en la acción climática. Además, dado que las NCS representaban



Caminando a lo largo de un tronco caído en el Bosque Lluvioso del Gran Oso de la Columbia Británica, Canadá. © Jason Houston


el primer programa relacionado con el clima para Nature United, una iniciativa de investigación sería una forma eficaz de crear tanto una comunidad de prácticas intersectorial como la credibilidad de Nature United como organización de base científica.

Hemos introducido varios aspectos técnicos novedosos que adaptan la evaluación al contexto canadiense. Por ejemplo, aunque se ha reconocido que el albedo (*ver el glosario*) influye de forma importante en la mitigación terrestre, especialmente en los paisajes del norte, las evaluaciones anteriores de las NCS a nivel mundial y en Estados Unidos no incluyeron su efecto debido a la complejidad y a la falta de datos. Desarrollamos nuevos análisis basados en la cartografía reciente del albedo^[61] para comprender mejor las implicaciones del albedo de las rutas que ampliaron la cobertura arbórea y, en consecuencia, aplicamos un “descuento” del albedo a esas rutas^[15]. Además, hemos adaptado la evaluación

para incluir un análisis de los costos económicos de la mitigación según la fijación de precios del carbono que se utiliza actualmente en Canadá. También utilizamos un criterio de viabilidad para las rutas de manejo y restauración, en el que modelamos la implementación y la mitigación asociada sobre el 10% de nuestra área de oportunidad por año a través de un período de implementación de 10 años (2021-2030).

LECCIONES APRENDIDAS

Las evaluaciones a escala nacional son fundamentales para que la implementación de las NCS se ajuste a la realidad del país. Por ejemplo, un hallazgo sorprendente de la [evaluación de las NCS de Canadá](#) fue el gran papel potencial de la agricultura. Como país del norte dominado por los bosques, se esperaba que estos representaran las principales oportunidades para la mitigación del clima en el sector AFOLU. Sin embargo, dado que los bosques



El uso de las NCS para abordar el cambio climático de manera que cuente para las NDC requerirá una alineación entre las rutas específicas de las NCS y los inventarios nacionales de GEI y los marcos de presentación de informes.



Cielos nublados sobre pastizales en Canadá. © Jean Wallace/TNC

están relativamente bien manejados y que la conversión forestal es relativamente limitada, las rutas de NCS forestales mostraron la menor cantidad de mitigación potencial de los cuatro tipos de ecosistemas que examinamos.

La implementación de las NCS a nivel de programa debe reconocer y aprovechar las prioridades y los enfoques existentes. El trabajo de Nature United hasta la fecha se ha centrado en la conservación dirigida por los pueblos indígenas. Aunque el equipo reconoció el valor de seguir adelante con un esfuerzo de investigación colaborativa para llenar un vacío reconocido en la información sobre el potencial de las NCS para proporcionar mitigación, tenemos que aprovechar la ciencia y las iniciativas de las NCS de manera que se respeten los derechos y conocimientos indígenas, así como apoyar la gobernanza indígena, la planificación de la relación con la tierra, la custodia responsable y el desarrollo económico, reconociendo que las NCS se aplicarán en territorios tradicionales de los pueblos indígenas.

Existen diferencias entre lo que nuestra evaluación científica reveló sobre el potencial de las NCS y lo que Canadá incluye en sus objetivos y en el marco contable para medir el progreso hacia los objetivos de reducción de emisiones. Por ejemplo, la evaluación de las NCS en Canadá identificó la conversión evitada de las turberas como un buen potencial de mitigación. Sin embargo, existía un desajuste entre el potencial de mitigación que identificamos y la forma en que Canadá contabiliza las emisiones y absorciones asociadas al manejo de las turberas y al uso de la tierra. El uso de las NCS para abordar el cambio climático de manera que cuente para las NDC requerirá una alineación entre las rutas específicas de las NCS y los inventarios nacionales de GEI y los marcos de presentación de informes. Aunque pudimos documentar esta alineación retrospectivamente (*ver el cuadro de la página siguiente*), la participación temprana de los científicos que trabajan en el departamento gubernamental que se encarga de los informes habría favorecido el establecimiento de esta alineación.

	Rutas NCS de Canadá	Cómo se evalúa la ruta en el Informe del Inventario Nacional (NIR) de 2000 de Canadá	Categoría CMNUCC
Bosques	Conversión evitada de bosques	Emisiones/remociones (E/R) contabilizadas en la conversión de bosques en tierras agrícolas, humedales, asentamientos y productos de madera recolectados (PMR).	Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS)
	Manejo forestal mejorado	E/R contabilizadas en Tierras Forestales que permanecen como Tierras Forestales (TFTF) y PMR de TFTF.	UTCUTS
	Cobertura del dosel urbano	E/R contabilizadas en la categoría de árboles urbanos de Asentamientos que permanecen como Asentamientos (AUAU).	UTCUTS
	Restauración de la cobertura forestal	E/R contabilizadas en Tierras convertidas en Tierras Forestales (establecimiento de bosques donde el uso anterior de la tierra no era forestal). La plantación de árboles después de la cosecha se considera reforestación, no forestación.	UTCUTS
Humedales	Pérdida evitada de praderas marinas	Actualmente no está incluida. No se dispone de datos de actividad para evaluar la pérdida de forma coherente en todo Canadá.	UTCUTS
	Conversión evitada de turberas	E/R contabilizadas como Humedales que permanecen como Humedales (AHAH) - Extracción de turba (sitios drenados y rehumedecidos). El NIR no informa sobre la conversión de humedales naturales en otros usos de la tierra. Las categorías de humedales solo informan de las emisiones procedentes de los reservorios hídricos y de la extracción de turba hortícola.	UTCUTS
	Conversión evitada de humedales minerales de agua dulce	Actualmente no está incluida. Las estimaciones de conversión para la región de los baches de las praderas y el este de Canadá están en desarrollo.	UTCUTS
	Restauración de marismas	Actualmente no está incluida. No se dispone de datos de actividad para elaborar un modelo de restauración de forma coherente en todo Canadá.	UTCUTS
	Restauración de praderas marinas	Actualmente no está incluida. No se dispone de datos de actividad para elaborar un modelo de restauración de forma coherente en todo Canadá.	UTCUTS
	Restauración de turberas	Actualmente no está incluida. No se dispone de datos de actividad para elaborar un modelo de restauración de forma coherente en todo Canadá. Algunas estimaciones incluidas en el modelo de extracción de turba.	UTCUTS
	Restauración de humedales minerales de agua dulce	Actualmente no está incluida. Las estimaciones para la región de los baches de las praderas y el este de Canadá están en desarrollo.	UTCUTS
Pastizales	Conversión evitada de pastizales	E/R contabilizadas como Pastizales a Tierras agrícolas (TPTA) y Pastizales a Asentamientos (TPAU). Incluye solo pastizales nativos en las praderas. Actualmente se hace un seguimiento de los índices de pérdida de pastizales, pero las estimaciones se refieren a los pastizales ininterrumpidos; todos los demás elementos se encuentran en las tierras agrícolas.	UTCUTS
	Restauración de pastizales ribereños	Actualmente no está incluida. No se dispone de datos de actividad para elaborar un modelo de restauración de forma coherente en todo Canadá.	UTCUTS
Tierras agrícolas	Cultivo intercalado de árboles	E/R contabilizadas en Tierras Agrícolas que permanecen como Tierras Agrícolas (TATA) - Biomasa de madera.	UTCUTS
	Conversión evitada de los cinturones de protección	E/R contabilizadas en TATA - Biomasa de madera.	UTCUTS
	Plantación de árboles ribereños	E/R contabilizadas en TATA - Biomasa de madera.	UTCUTS
	Silvopastoreo	E/R contabilizadas en TATA - Biomasa de madera.	UTCUTS
	Manejo de nutrientes	E/R contabilizadas en fertilizantes nitrogenados inorgánicos y fertilizantes nitrogenados orgánicos (N ₂ O). No hay datos de la actividad actual sobre los niveles de implementación.	Agricultura
	Residuos de cultivos - Biocarbón	Actualmente no está incluida.	Agricultura
	Cultivos de cobertura	E/R contabilizadas en TATA (Cambio en la mezcla de cultivos; Cambio en las tierras de barbecho (TB)), como dos cambios en el manejo de tierras: Reducción en TB; Aumento en plantaciones perennes.	UTCUTS
	Labranza reducida	E/R contabilizadas en TATA como cambio en la labranza (Cambios en el manejo de tierras: Convencional a reducida; Convencional a sin labranza; Otros).	UTCUTS
	Aumento de los cultivos de leguminosas	E/R contabilizadas como emisiones directas de N ₂ O de Tierras agrícolas (Tierras manejadas).	Agricultura
	Legumbres en pastizales	Actualmente no está incluida. E/R podría contabilizarse en Tierras agrícolas (emisiones directas de N ₂ O de tierras manejadas).	Agricultura
	Manejo del estiércol	Actualmente no está incluida. E/R podría contabilizarse como emisiones CH ₄ de manejo del estiércol (manipulación y almacenamiento del estiércol del ganado).	Agricultura

Gráfico 11. Alineación de las rutas de la evaluación de las NCS de Canadá con el NIR y las categorías de la CMNUCC. La longitud de la barra de color indica la alineación total, parcial o nula entre la ruta de las NCS y el NIR



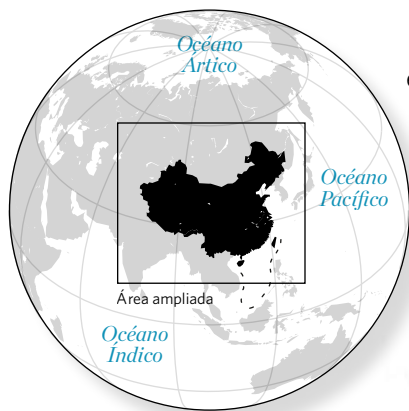
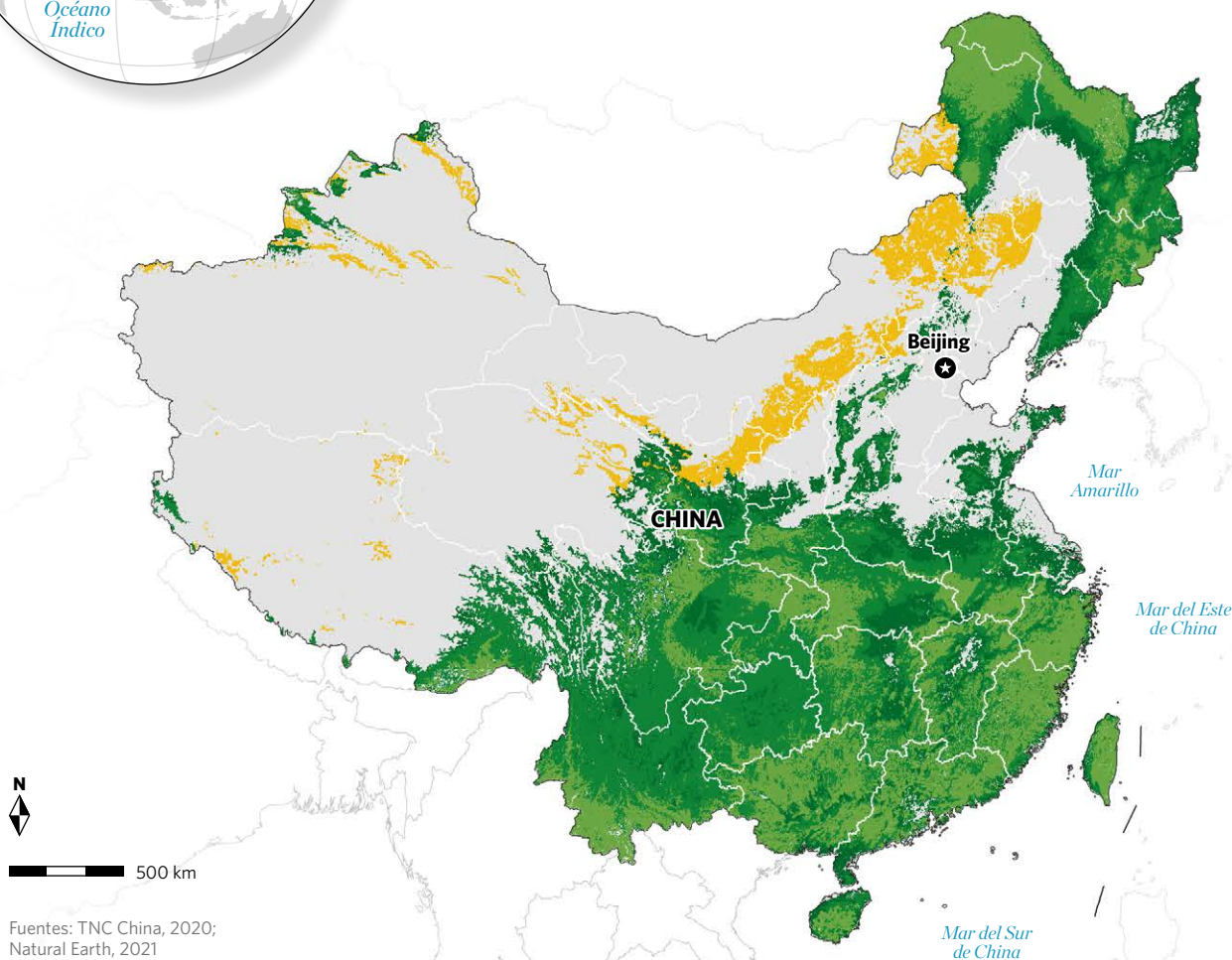


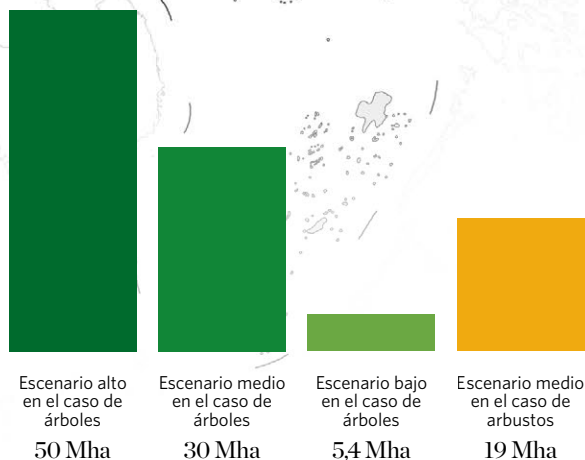
Gráfico 12. Área de oportunidad para la restauración y mejora del manejo de los bosques en China (escenario alto para árboles que incluye un escenario medio y un escenario bajo, el escenario medio incluye el bajo; solamente el escenario medio muestra arbustos)

Escenario medio en el caso de arbustos ■ Escenario bajo en el caso de árboles ■
 Escenario medio en el caso de árboles ■
 Escenario alto en el caso de árboles ■



Fuentes: TNC China, 2020; Natural Earth, 2021

Las emisiones de gases de efecto invernadero de China se han multiplicado por cuatro en las últimas tres décadas^[62]. Como mayor emisor de GEI del mundo, China se ha comprometido a ser carbono neutral para 2060 mediante la adopción de políticas y medidas más fuertes.



Las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) comenzaron a entrar en el contexto político chino y fueron ampliamente aceptadas después de que China codirigiera el simposio de SbN en la Cumbre del Clima de Nueva York en 2019. Las SbN incluyen estrategias que emplean la naturaleza para hacer frente al cambio climático, por lo que el equipo de China utiliza a menudo el término SbN en el desarrollo de relaciones y en la comunicación para englobar el trabajo de las NCS del equipo. Es más fácil conseguir que el público se comprometa con el trabajo de las NCS, puesto que ya están familiarizados con las SbN. Además, el trabajo de las SbN está relacionado con varios ministerios, como el de Recursos Naturales, el de Ecología y Medio Ambiente, el de Agricultura y Asuntos Rurales y la Administración Estatal de Bosques y Pastizales. El equipo de TNC China lleva más de dos décadas realizando trabajos relacionados con las NCS/SbN, por lo que pudo aprovechar estas relaciones existentes utilizando la frase SbN.

Las NCS no serán un sustituto de la reducción de las emisiones de los sectores de la energía, la industria y el transporte, pero pueden complementar estos esfuerzos para alcanzar la neutralidad de carbono en 2060. Alineado en torno a este supuesto, el equipo colabora con diversas partes interesadas, publica artículos científicos y apoya la divulgación y el desarrollo de políticas para aumentar su impacto. Con una ventana política sobre el desarrollo “verde”, sostenible y con bajas emisiones de carbono abierta para el resto de la década, esto proporciona una base sólida para reforzar la acción de las NCS en China.

INVESTIGACIÓN DE ANTECEDENTES

Varias provincias están elaborando la hoja de ruta de China para el carbono neutralidad en 2060 y están aportando pruebas del potencial de mitigación de las NCS. Por lo tanto, para alinear los objetivos políticos con esta meta, la secuencia temporal de la evaluación

de las NCS se fijó en 2060. TNC y sus socios celebraron una serie de reuniones para revisar las políticas públicas relevantes para las NCS en China, incluidas las relacionadas con los bosques, los humedales, los pastizales y la agricultura, con el fin de priorizar las rutas de las NCS de China para su análisis. Para comprender mejor el potencial de mitigación costo-efectivo de las rutas de NCS en China, realizamos una revisión bibliográfica centrada no solo en estudios nacionales y regionales de China, sino también en estudios mundiales. Las investigaciones más recientes demuestran que a mediados del siglo XXI la captura neta de carbono para el sector AFOLU en China será de unas 700 Mt CO₂e al año^[63].

Los análisis de TNC a nivel mundial han encontrado que la reforestación tiene el mayor potencial de mitigación para el país. La reforestación y la mejora del manejo forestal contribuyen de forma destacada a las NDC de China^[64]. El presidente Xi anunció que para 2030 China aumentará el volumen de las existencias forestales en 6.000 millones de m³ en comparación con los niveles de 2005^[65]. Como resultado de los continuos esfuerzos a gran escala para añadir árboles al paisaje, el área adicional apta para la reforestación se ha ido reduciendo gradualmente, lo que sitúa la *mejora del manejo forestal* en una posición muy significativa para contribuir al aumento del volumen de las existencias forestales. Mientras tanto, en las zonas con estrés hídrico o para evitar la desertificación, los arbustos pueden ser más apropiados que los árboles desde el punto de vista ecológico para continuar con las actividades de restauración.

La superficie total del ecosistema de “carbono azul” (manglares, pastos marinos y marismas) en la zona costera de China es de 1.623-3.850 km²^[66]. La capacidad total de captura de carbono de varios tipos de humedales de marismas en China es de 4,91 Mt CO₂e al año^[67]. La media anual de captura de carbono de estos sistemas de carbono azul es de 1,28-3,06 Mt CO₂e al año.

Las SbN incluyen estrategias que emplean la naturaleza para hacer frente al cambio climático, por lo que el equipo de China utiliza a menudo el término SbN en el desarrollo de relaciones y en la comunicación para englobar el trabajo de las NCS del equipo.



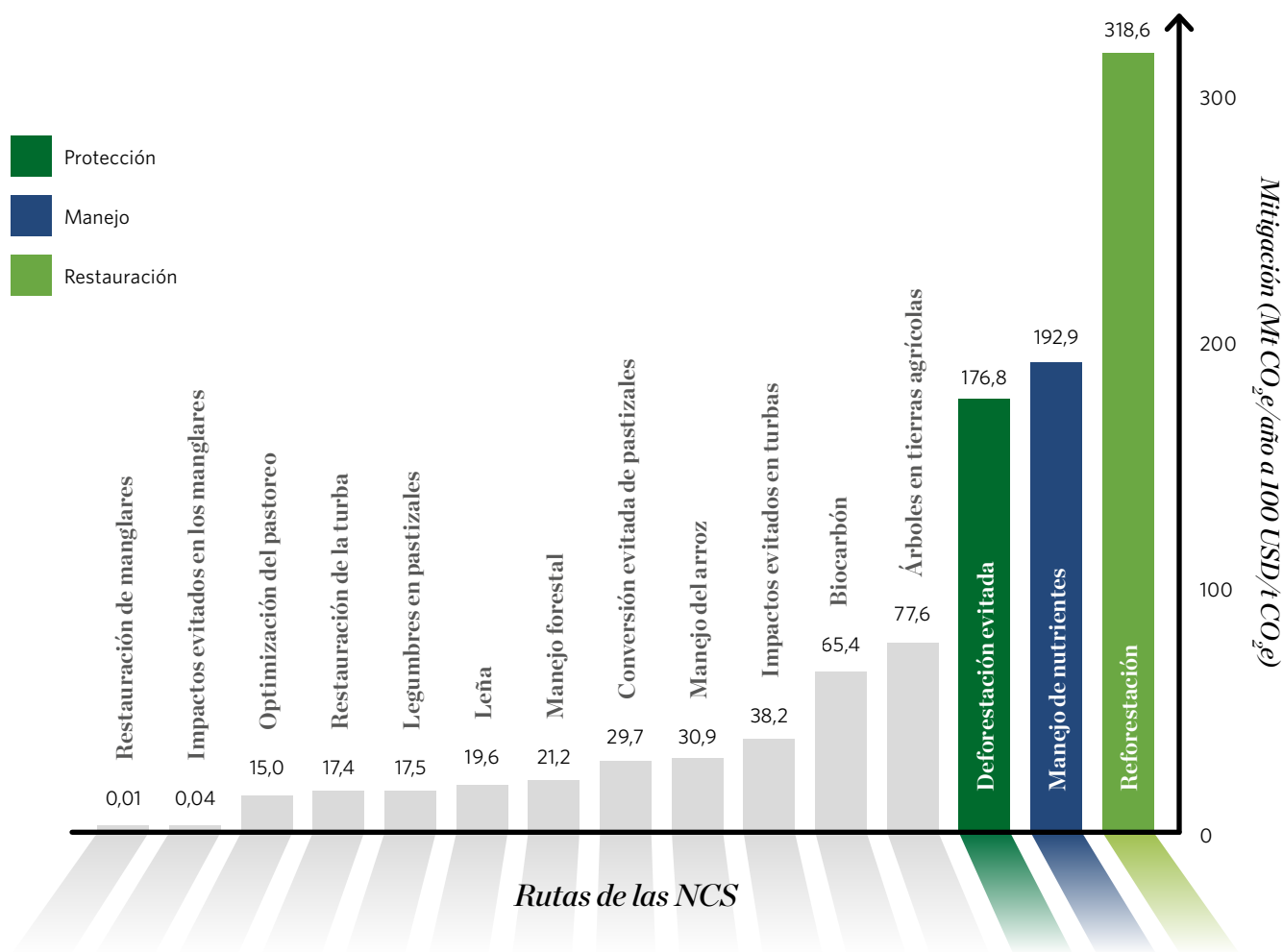


Gráfico 13. Potencial de mitigación de China basado en datos mundiales. Gráfico adaptado de la ficha informativa de China en el [Atlas Mundial de las NCS](#)

Sin embargo, debido a los impactos combinados del cambio climático, la reclamación, la sobreutilización de recursos y la contaminación ambiental, el ecosistema del carbono azul se está degradando rápidamente en China^[66].

En los últimos 40 años, la producción agrícola de China no ha dejado de aumentar gracias a las elevadas inversiones en el sector. Según FAOSTAT, en 2018, el consumo de fertilizantes químicos de China fue de 56,5 millones de toneladas y el uso de fertilizantes nitrogenados, fosforados y potásicos representó el 26%, 19% y 27% del consumo total mundial, respectivamente^[68]. El almacenamiento de

carbono de los ecosistemas de pastizales de China es aproximadamente el 7,5% del almacenamiento de carbono de los ecosistemas de pastizales del mundo, lo que indica un gran potencial de mitigación a partir de la protección y restauración de los pastizales^{[69][70]}. Para reducir las emisiones de GEI del sector agrícola, China ha creado una serie de normas y reglamentaciones. La reducción de las emisiones agrícolas ocupa un lugar central en el Programa Nacional de Cambio Climático de China, tal como se menciona en el 12.º Plan Quinquenal^[71] y el 13.º Plan Quinquenal^[72] para el control de las emisiones de GEI. En las NDC de China, las acciones relacionadas con el manejo de nutrientes son fundamentales para reducir las emisiones de GEI.





Cumbres cubiertas de niebla en la Reserva Natural de Laohegou, provincia de Sichuan, China. © Nick Hall/TNC

Después de recopilar suficiente información a partir de nuestra revisión de la política pública y la literatura especializada, establecimos reuniones informales y formales con expertos de los sectores gubernamental, académico, público y privado. Esto nos permitió comprender mejor sus necesidades y planes estratégicos para hacer frente al cambio climático, así como identificar posibles obstáculos y oportunidades para promover las NCS como una opción costo-efectiva para alcanzar los objetivos de las NDC.

RUTAS DE LAS NCS DE CHINA

El equipo del proyecto está formado por personal local de TNC que trabaja en estrecha colaboración con el personal del equipo mundial de TNC y otros socios internacionales y locales. A partir de datos mundiales^{[2][31][50]} (ver el gráfico 13 arriba), el equipo identificó las tres rutas más costo-efectivas que, en conjunto, reducirían las emisiones en 688 Mt CO₂e/año: la *reforestación*, el *manejo de nutrientes* y la *deforestación evitada*.

Aunque los datos mundiales muestran un alto potencial para la *deforestación evitada* como opción de mitigación, la conversión permanente de los bosques debería ser baja según el lanzamiento de la Línea Roja de Conservación Ecológica de China^[73] que busca proteger importantes sistemas ecológicos en más de una cuarta parte de la China continental, por lo que sería un reto estimular muchas acciones adicionales relacionadas con evitar la conversión permanente de los bosques. La *reforestación* y el *manejo de los nutrientes* tienen un importante potencial climático costo-efectivo en China. Además, TNC China lleva 20 años trabajando en la reforestación y el manejo de los bosques, que son complementarios y ofrecen una gran oportunidad para aplicar nuevas opciones de reforestación y manejo forestal. Por las razones anteriores, se seleccionaron el *manejo de nutrientes*, la *reforestación* y la *mejora del manejo forestal* como las rutas prioritarias para el análisis del potencial de mitigación. El equipo de China está trabajando con expertos de la Academia China de Ciencias Agrícolas, la Academia China de Ciencias y la Academia China

de Ciencias Forestales para llevar a cabo la evaluación basándose en su experiencia e influencia en la comunidad del cambio climático en China.

LECCIONES APRENDIDAS

El establecimiento de asociaciones o alianzas estratégicas es un paso importante para desarrollar relaciones, mostrar nuestro trabajo e influir en los procesos de toma de decisiones. Para garantizar que los resultados se consideren creíbles y sean utilizados por los tomadores de decisiones para mejorar la implementación de las NCS, estamos colaborando estrechamente con el Centro Nacional de Estrategia de Cambio Climático y Cooperación Internacional (NCSC, por sus siglas en inglés), dependiente del Ministerio de Ecología y Medio Ambiente, y con el Instituto de Cambio Climático y Desarrollo Sostenible (ICCS, por sus siglas en inglés), dependiente de la Universidad de Tsinghua. Ambos son importantes e influyentes centros de investigación que proporcionan apoyo técnico y político y recomendaciones a los responsables políticos sobre la gobernanza climática.

La publicación de artículos en revistas de impacto es también importante para influir en la comunidad del cambio climático en China. A principios de 2020, publicamos un artículo sobre las NCS en la revista *Advances in Climate Change Research*^[74]. Las conclusiones de este documento se incluyeron en materiales de referencia internos distribuidos en el Ministerio de Recursos Naturales. Asimismo, hemos completado un libro^[75] que presenta metodologías y mejores prácticas relacionadas con las intervenciones de soluciones basadas en la naturaleza.

Es esencial facilitar la cooperación intersectorial para maximizar los resultados de la política climática. Las NCS abarcan múltiples ecosistemas, cuyas políticas son administradas por varios ministerios (entre ellos, el Ministerio de Recursos Naturales, el Ministerio

de Ecología y Medio Ambiente, el Ministerio de Agricultura y Asuntos Rurales y la Administración Estatal de Bosques y Pastizales) debido a la estructura administrativa de China. Para liberar de forma integral el potencial de las NCS, tanto sobre el terreno como a nivel político, el equipo de TNC China está trabajando con departamentos clave de varios ministerios en lugar de solo con los directamente responsables de la política de cambio climático.

Las NCS serán fundamentales para ayudar a China a cumplir su promesa de carbono neutralidad. Como enfoque “sin arrepentimientos”, las NCS son esenciales para que China logre la neutralidad del carbono, proporcionando al mismo tiempo valiosos cobeneficios para la biodiversidad, las comunidades y la economía. China ha desarrollado su 14.º Plan Quinquenal y los próximos cinco años serán importantes para determinar si el país puede cumplir con éxito este compromiso. El plan pone un nuevo énfasis en el desarrollo “verde”, sostenible y con bajas emisiones de carbono, lo que aumenta el potencial de las NCS para contribuir al diseño y la implementación de políticas en todos los sectores y ministerios.

Dado el aumento de la atención pública y política sobre las NCS, en el futuro, TNC seguirá investigando rutas como la *restauración de humedales*, la *agricultura de conservación* y la *optimización del pastoreo*. También es una gran oportunidad para establecer conexiones más fuertes con los sectores de la agricultura y el pastoreo. Más del 60% del total de las emisiones de GEI proceden del sector privado, por lo que es importante involucrar a las empresas para escalar las intervenciones de las NCS. A principios de 2021, varias de las mayores empresas chinas anunciaron el inicio del proceso de planificación del carbono neutralidad, mientras que otras se comprometieron a conseguirla para 2030 y 2040, por lo que es un buen momento para activar la inversión empresarial en la implementación de las NCS.

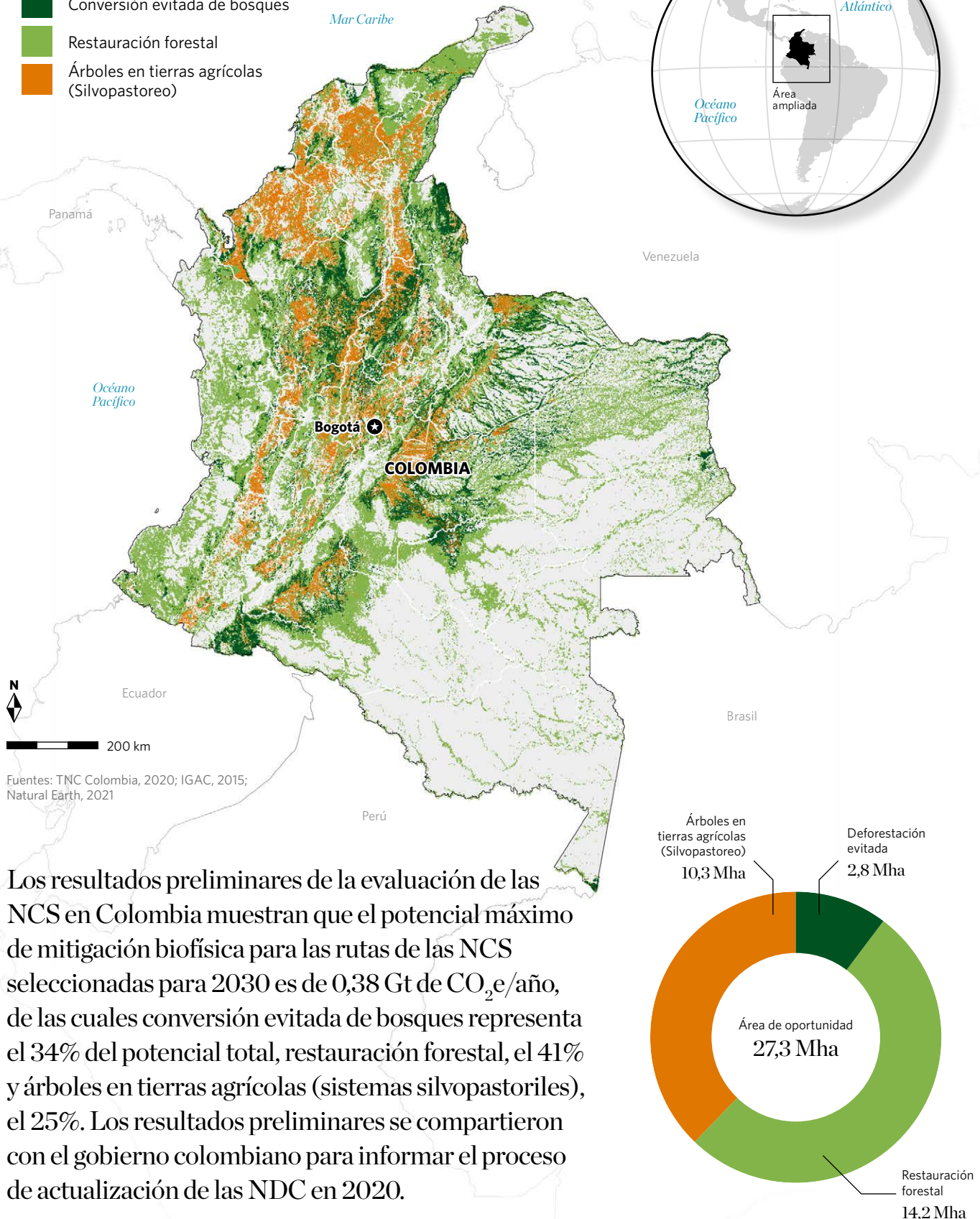


Colombia

5.

Gráfico 14. Área de oportunidad de las NCS en Colombia

- Conversión evitada de bosques
- Restauración forestal
- Árboles en tierras agrícolas (Silvopastoreo)



Los resultados preliminares de la evaluación de las NCS en Colombia muestran que el potencial máximo de mitigación biofísica para las rutas de las NCS seleccionadas para 2030 es de 0,38 Gt de CO₂e/año, de las cuales conversión evitada de bosques representa el 34% del potencial total, restauración forestal, el 41% y árboles en tierras agrícolas (sistemas silvopastoriles), el 25%. Los resultados preliminares se compartieron con el gobierno colombiano para informar el proceso de actualización de las NDC en 2020.

En una decisión histórica publicada a finales de 2020, el gobierno colombiano aumentó la ambición de su compromiso de reducción de emisiones en el marco de las NDC al 51% en comparación con la línea base de 2010, lo que equivale a reducir alrededor de 169,4 Mt CO₂e anualmente para el año 2030. Casi el 75% de esta mitigación total provendrá de medidas relacionadas con el sector AFOLU, incluyendo la reducción de la deforestación, la restauración y/o la implementación de sistemas silvopastoriles y otros sistemas agroforestales.

Actualmente, el sector AFOLU en Colombia contribuye con el 62% de las emisiones del país (en comparación con el 24% de las emisiones a escala mundial), principalmente debido a la deforestación, la degradación de los bosques y la ganadería convencional. La elevada tasa de emisiones de este sector representa una oportunidad para poner en marcha acciones centradas en la protección, el manejo y la restauración de los ecosistemas naturales para reducir las emisiones.

En 2017, Colombia emitió el Impuesto Nacional al Carbono, que se aplica a las empresas que utilizan combustibles fósiles^{[76][77]}. En la actualidad, el impuesto es de aproximadamente USD 5 por tonelada métrica de CO₂e, y aumenta anualmente según la inflación del país. En el contexto nacional actual, es importante destacar que existen dos opciones posibles para las empresas sujetas al impuesto. La primera es pagar directamente el monto que representa las emisiones por el uso de combustibles fósiles, y la segunda es

compensar la huella de carbono de la empresa a través de proyectos desarrollados en Colombia que generan créditos de carbono, muchos de los cuales están en el sector AFOLU. Para una empresa privada, el mercado voluntario de carbono puede ser una opción flexible para cumplir con el Impuesto Nacional al Carbono.

INVESTIGACIÓN DE ANTECEDENTES

Nuestra revisión bibliográfica incluyó artículos científicos publicados en revistas indexadas, tesis en línea y en soporte físico almacenadas en bibliotecas de universidades, informes oficiales del gobierno nacional e informes con resultados desarrollados por TNC, así como por otras organizaciones no gubernamentales y el sector privado. Recopilamos informes y mapas oficiales recientes sobre la deforestación, la idoneidad de las tierras y los planes nacionales de restauración, así como información específica del país sobre el contenido y las trayectorias de carbono asociadas a los cambios en el uso de la tierra en condiciones actuales (*business-as-usual*) (p. ej., la deforestación) y las alternativas de las NCS (p. ej., la protección y restauración de los bosques, los sistemas silvopastoriles). Además, a partir de análisis anteriores, TNC Colombia desarrolló información sobre las reservas y las trayectorias de carbono para las principales rutas de las NCS en el país con el fin de complementar la información existente.

Buscamos las principales tendencias en las políticas públicas colombianas destinadas a enfrentar el cambio climático, en particular en el sector AFOLU, e identificamos los posibles vínculos con las rutas de las NCS que mejor contribuyen a cumplir los objetivos nacionales e internacionales. Algunas de las políticas revisadas son la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono, la Política Nacional de Cambio Climático y la Estrategia de Control de la Deforestación y Manejo de Bosques, que están asociadas a las NDC de Colombia y tienen como objetivo promover un vínculo entre el crecimiento económico y la reducción



Una mujer de Colombia que participa en el programa de ganadería sostenible corta madera para utilizarla en cercas, muebles o forraje para el ganado. © Juan Arredondo/TNC

de emisiones. También se consideraron programas de ámbito nacional y regional, como el Plan Nacional de Restauración o el programa Visión Amazonia.

RUTAS DE LAS NCS DE COLOMBIA

El equipo identificó inicialmente 13 rutas relevantes para Colombia y refinó sus definiciones para que fueran apropiadas a nivel local. Llevamos a cabo un proceso estructurado para priorizar aún más las rutas de las NCS para su análisis, clasificándolas según varios criterios evaluados por una serie de partes interesadas: potencial de mitigación, interés gubernamental, posibles cobeneficios, disponibilidad de datos y capacidad del personal de TNC.

Las reuniones entre el equipo de TNC Colombia y los expertos de los sectores académico, público y privado fueron importantes para priorizar las rutas de las NCS, ya que estas reuniones ayudaron al equipo a entender las necesidades y planes estratégicos para reducir las emisiones de carbono, y a explorar las posibles barreras y oportunidades para promover las NCS como opciones costo-efectivas para alcanzar los objetivos de reducción de emisiones y apoyar el proceso de actualización de las NDC para Colombia.

En el sector público colombiano, nos reunimos con los Ministerios de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Agricultura y Desarrollo Rural y Relaciones Exteriores para conocer la estrategia del gobierno para actualizar las NDC y promover las NCS como una forma de apoyar dicho proceso de actualización. También invitamos a participar en estas reuniones a otros organismos técnicos encargados de elaborar los inventarios forestales y de GEI nacionales y los informes de deforestación, entre otra información relevante. Esto nos ayudó a comprender la disponibilidad de información oficial que podría incluirse en la evaluación de las NCS.

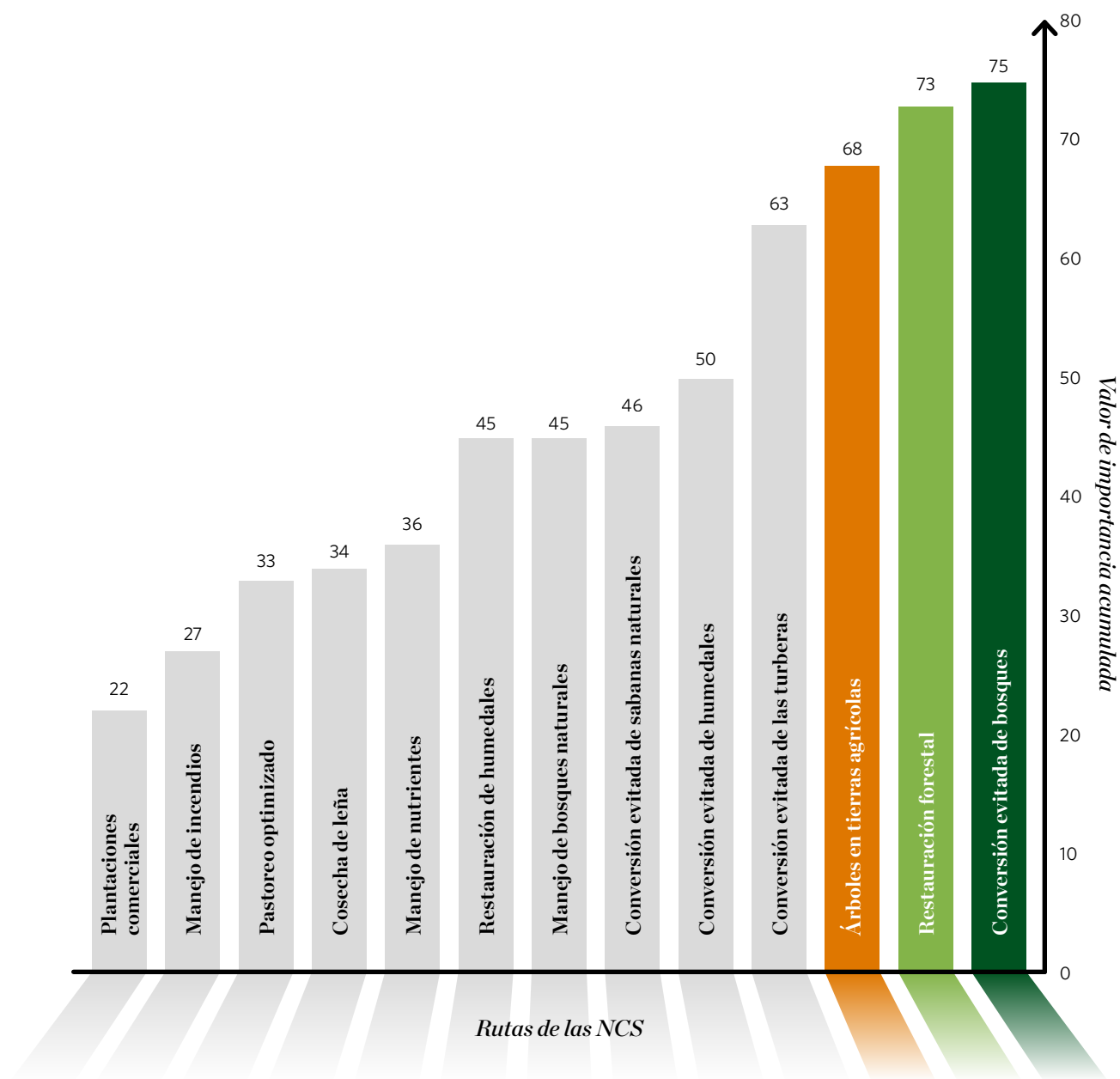


Gráfico 15. Rutas prioritarias de las NCS para el análisis en Colombia en base a calificaciones exhaustivas

Por último, nos reunimos con actores del sector privado, entre ellos empresas de los sectores energético e industrial de Colombia que se han comprometido a reducir sus emisiones. Esto nos ayudó a identificar las rutas de las NCS que pueden contribuir a alcanzar sus objetivos de reducción de emisiones y que están en consonancia con sus intereses.

Las tres rutas que se priorizaron —*conversión evitada de bosques, restauración de bosques y árboles en*

tierras agrícolas (sistemas silvopastoriles)— fueron calificadas como las que tienen el mayor potencial para contribuir a la mitigación del cambio climático y como relevantes para que Colombia logre su objetivo de reducción de emisiones recientemente aumentado.

Colombia es el segundo país con más biodiversidad por superficie terrestre en el planeta^[78], pero la deforestación, la degradación de los ecosistemas y las prácticas de producción insostenibles están

amenazando la biodiversidad local. Por lo tanto, un análisis preciso de los cobeneficios de la biodiversidad vinculados al potencial de mitigación de cada ruta de las NCS ayudará a destacar las áreas clave a proteger y restaurar en Colombia. Por esto evaluamos el hábitat y la distribución de más de 7.000 especies de vertebrados, con especial énfasis en las especies amenazadas y endémicas. Esta evaluación tiene como objetivo relacionar el potencial de mitigación de las rutas prioritarias de las NCS en Colombia con los índices de biodiversidad en cuanto a riqueza y representatividad.

Además, llevamos a cabo evaluaciones de seguimiento de los cobeneficios hídricos y sociales, así como un análisis de costos de cada ruta de las NCS con diferentes precios del carbono, incluido el actual impuesto sobre el carbono en Colombia (USD 5/tCO₂e). Por último, llevamos a cabo un análisis de las barreras y oportunidades para implementar actividades de NCS en los sectores privado y público de Colombia que proporciona ideas para promover las NCS como catalizadores de los mercados de carbono en el país y como alternativas financieras para las comunidades locales.

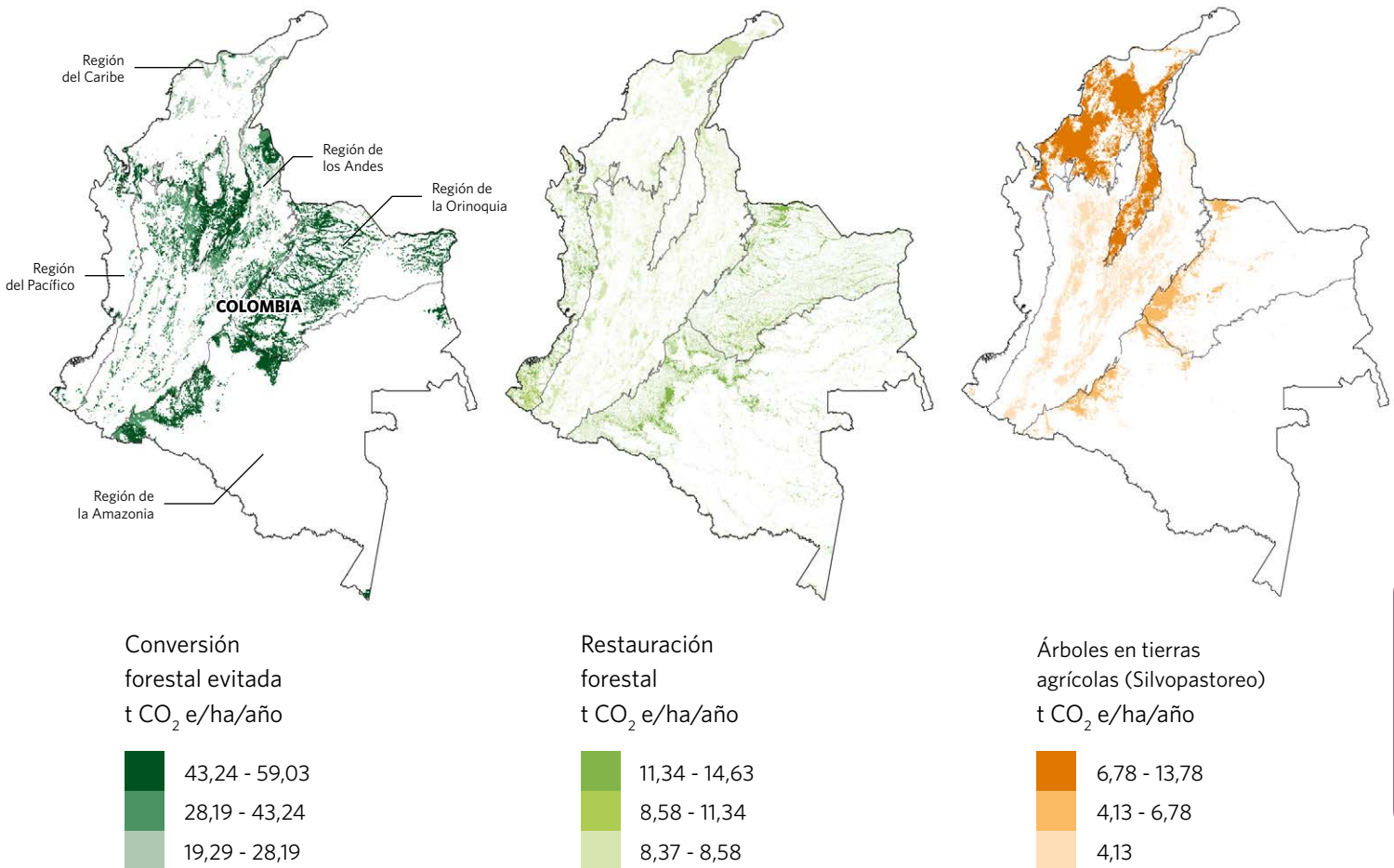



Gráfico 16. Potencial máximo de mitigación anual de las rutas de las NCS *conversión evitada de bosques, restauración forestal y árboles en tierras agrícolas (sistemas silvopastoriles)* en Colombia para 2030

Fuentes: TNC Colombia, 2020; IGAC, 2015



Más allá de la mitigación, el equipo de TNC Colombia analizó la biodiversidad, el agua y los cobeneficios sociales para destacar aún más las áreas clave que se deben proteger y restaurar. Los análisis de costos en diferentes niveles de precio y los análisis de obstáculos y oportunidades ayudan a aclarar las rutas viables para la implementación.



Equipo de TNC Colombia realiza una capacitación de campo sobre los cultivos de cacao en la región amazónica, Colombia. © Adrian Rico

LECCIONES APRENDIDAS

Colombia cuenta con un sólido marco político e institucional para enfrentar el cambio climático que establece los criterios para implementar las NCS. Sin embargo, este marco trae consigo una serie de barreras que afectan a la implementación de las NCS. Entre los obstáculos que el equipo de TNC ha identificado se encuentran:

- La elevada rotación de los funcionarios públicos repercute en la eficacia de los órganos de decisión.
- La coordinación interinstitucional y territorial no está respaldada por una dotación de presupuesto y de personal, lo que dificulta su implementación y la hace depender de la voluntad y la capacidad personal de cada funcionario.
- No existe una alineación clara entre los instrumentos de planificación para hacer frente al cambio climático y los de ordenamiento territorial, ni un sistema de seguimiento que garantice

el monitoreo espacialmente explícito de los programas que se aplicarán en el país.

- En Colombia, solo el 37% de los hogares rurales son propietarios de tierra, y de estos hogares solo el 59% tienen títulos legales.
- No existen métricas sencillas y estandarizadas para evaluar la eficacia de las NCS que funcionen a diferentes escalas geográficas y que se adapten a los contextos específicos de intervención. También existe una baja interoperabilidad entre los sectores y los mecanismos de monitoreo regionales y nacionales.
- Cada plan sectorial y territorial de cambio climático debe identificar e incluir las fuentes de financiamiento necesarias para aplicar las medidas prioritarias y reducir la excesiva dependencia de los recursos de la cooperación internacional.
- Los municipios que concentran el 84% de la deforestación en Colombia son también los más afectados por la pobreza, el conflicto y la débil gobernanza.



Ganado pastando en San Martín, Meta, Colombia. © Juan Arredondo/TNC

El análisis sobre las barreras y las oportunidades para implementar las actividades de las NCS en el sector privado de Colombia ha demostrado que:

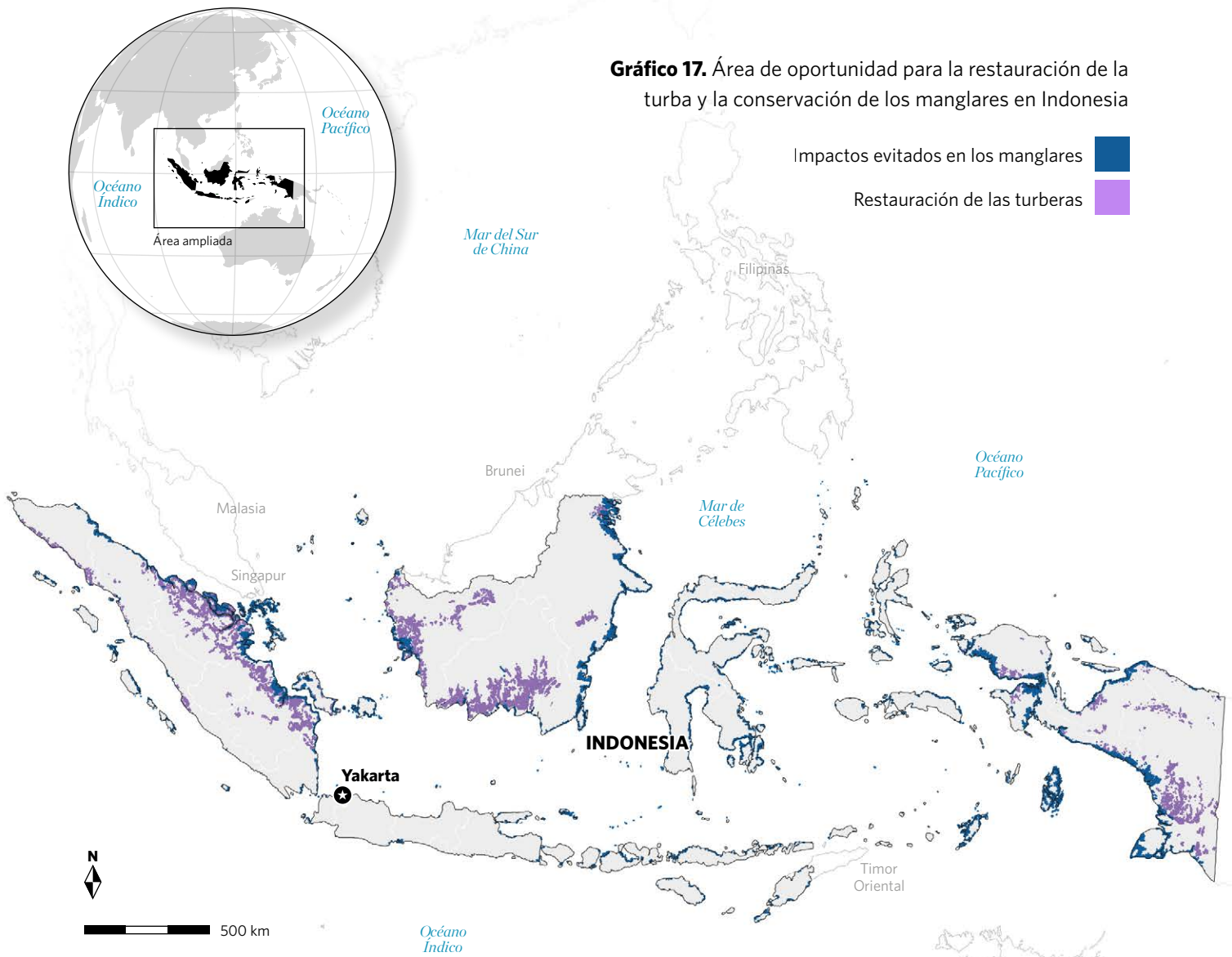
- Las inversiones o actividades medioambientales que más importan a la empresa privada media son las que afectan directamente, y a corto plazo, a su negocio principal y a sus finanzas. Esto podría indicar que los sectores de AFOLU y energía son más propensos a implementar acciones de NCS.
- La falta de conocimiento de las entidades financieras sobre los proyectos de las NCS —así como su rentabilidad, riesgos y tipos de garantías— se convierte en una barrera para que el sector privado invierta en iniciativas de NCS.
- Muy pocas empresas o individuos tienen la capacidad de llevar a cabo proyectos de biodiversidad y cambio climático a la gran escala necesaria para su eficacia.
- La tenencia de la tierra en Colombia es débil desde el punto de vista legal, lo que actúa como una barrera para llevar a cabo muchos proyectos y la adquisición de tierras.
- Contribuir al diseño de estrategias locales para la planificación del uso de la tierra a escala de paisaje en aquellos territorios a los que se dirige la aplicación de las NCS.
- Apoyar al gobierno colombiano en la definición de agendas estratégicas intersectoriales y en la armonización de las políticas pertinentes de implementación de las NCS.
- Complementar los esfuerzos de ordenamiento territorial a nivel local adoptando una perspectiva de planificación a escala de predio en los procesos de aplicación de las NCS.
- Facilitar espacios de participación que promuevan dinámicas de ordenamiento territorial en los territorios priorizados para la implementación de las NCS.
- Complementar los modelos de intervención asociados a los esquemas de generación de ingresos de las NCS que integren actividades de fortalecimiento de la cadena de valor con acciones de manejo del paisaje. Esto es particularmente importante en los municipios ubicados en los focos de deforestación, comúnmente afectados por la pobreza, los conflictos y la débil gobernanza.

Entre las acciones que consideramos pertinentes para superar estos obstáculos se encuentran:



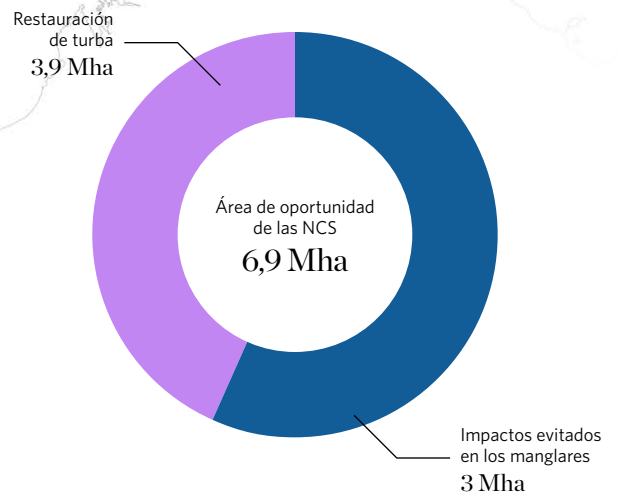
Indonesia

Gráfico 17. Área de oportunidad para la restauración de la turba y la conservación de los manglares en Indonesia



Fuentes: Yayasan Konservasi Alam Nusantara, 2020; Natural Earth, 2021

Además de sus diversos bosques tropicales de hoja perenne, Indonesia es un foco de humedales, que alberga turberas y sistemas de manglares que son los ecosistemas más densos en carbono de los trópicos. Aunque cubren un pequeño porcentaje de la superficie forestal total de Indonesia, los humedales pueden desempeñar un papel importante en el cumplimiento de los objetivos de reducción de emisiones de este país.





Pescadores atraviesan bosques de manglares en la ciudad de Langsa, provincia de Aceh, Indonesia. © Junaidi Hanafiah/TNC

Indonesia ha experimentado un enorme progreso económico en las dos últimas décadas que ha convertido a la nación en la segunda economía del G-20 con mayor crecimiento. Indonesia ha ratificado el Acuerdo de París y ha presentado sus primeras NDC. Se ha comprometido a reducir las emisiones de GEI en un 29% de forma incondicional y hasta en un 41% de forma condicional (es decir, si se le proporciona apoyo financiero internacional) para 2030 con respecto al escenario de emisiones habituales basado en el año de referencia de 2010. Las emisiones anuales de GEI entre 2006 y 2016 fueron de una media de 711 Mt CO₂e^[79]. El sector forestal es la principal fuente (44%) de las emisiones de GEI en Indonesia en los últimos años y se espera que contribuya hasta un 17% (497 Mt CO₂e) del objetivo incondicional. Las principales fuentes de emisiones proceden del sector AFOLU a través de la descomposición de la turba, los incendios de turba y el cambio de uso del suelo a tierras de cultivo. Se estima que Indonesia tiene el mayor potencial de NCS entre los países tropicales^[80].

Además de sus diversos bosques tropicales de hoja perenne, Indonesia es un foco de humedales, que alberga turberas y sistemas de manglares que son los ecosistemas más densos en carbono de los trópicos. Aunque cubren un pequeño porcentaje de la superficie forestal total de Indonesia, los humedales pueden desempeñar un papel importante en el cumplimiento de los objetivos de reducción de emisiones de este país. Indonesia cuenta con 126 millones de hectáreas de zonas clasificadas como bosques, de las cuales el 45% están destinadas a la conservación y la protección, mientras que el resto están destinadas a la producción. En Indonesia hay 14,9 millones de hectáreas de turberas, lo que supone el 84% del carbono de turba del sudeste asiático^[81] y el 18% del volumen de turba a nivel mundial^[82]. Los manglares cubren 3,3 millones de hectáreas a lo largo de los 95.000 km de costa de Indonesia^[83], siendo el país con la mayor extensión de este ecosistema del mundo.

Existe una gran posibilidad de que el gobierno de Indonesia no aumente su ambición de reducción de

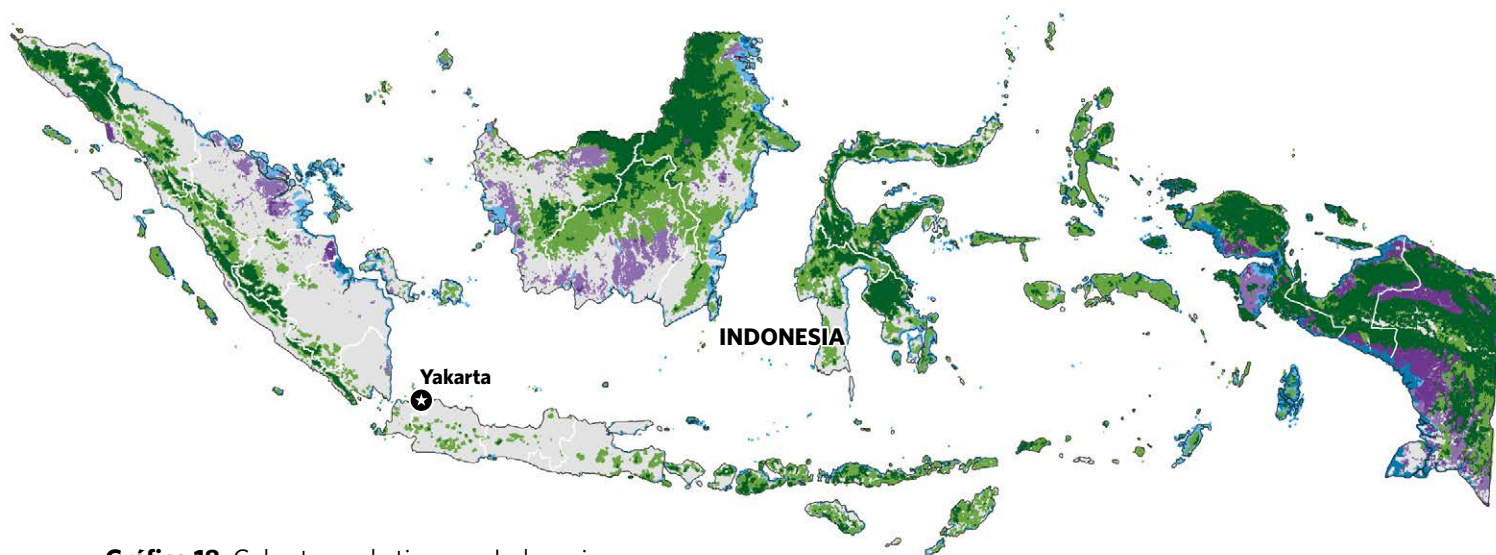
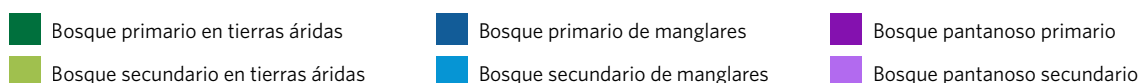


Gráfico 18. Coberturas de tierra en Indonesia



Fuentes: Ministerio de Medio Ambiente y Silvicultura, Indonesia, 2019; Natural Earth, 2021.

emisiones para la presente actualización de las NDC ya que el objetivo actual se considera elevado en el contexto de la meta de crecimiento económico de la nación. El gobierno se centra en la implementación de estrategias para cumplir sus objetivos actuales. Sin embargo, el gobierno indonesio no ha descartado aumentar la ambición en futuras actualizaciones de las NDC. En este contexto, una evaluación de las NCS que incluya factores científicos, económicos y políticos podría proporcionar una visión de hacia dónde podrían dirigirse los recursos de forma más eficiente. También proporcionaría una base y confianza para futuros aumentos de la ambición, a la vez que posicionaría a Indonesia para obtener más reconocimiento e incentivos para futuros esfuerzos de reducción de emisiones.

INVESTIGACIÓN DE ANTECEDENTES

The Nature Conservancy y su principal socio local en Indonesia, Yayasan Konservasi Alam Nusantara

(YKAN), organizaron conjuntamente un taller nacional en Bogor en enero de 2020 para debatir las rutas prioritarias de las NCS en Indonesia para la evaluación de las NCS de Indonesia. El proceso de selección de las rutas prioritarias de las NCS se llevó a cabo conjuntamente con la Agencia de Investigación, Desarrollo e Innovación del Ministerio de Medio Ambiente y Silvicultura (MoEF, por sus siglas en inglés), con la participación de responsables políticos, científicos y centros de investigación influyentes, el sector privado y las ONG.

Uno de los principales objetivos de la evaluación de las NCS de Indonesia es proporcionar pruebas científicas sólidas al gobierno nacional con el fin de optimizar la oportunidad de mitigación y, por lo tanto, apoyar a Indonesia en la consecución de sus objetivos de NDC para 2030. Indonesia ha recibido la aprobación de dos pagos basados en resultados de REDD+ por parte de Noruega y el Fondo Verde para el Clima como resultado de los esfuerzos del país por

reducir las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques. Aunque la metodología y el sistema de seguimiento de la ruta de *conversión evitada de bosques* ya están bastante avanzados en Indonesia, es necesario mejorar el seguimiento nacional de otras rutas, por ejemplo, de la *restauración de la turba* y el *manejo forestal sostenible*.

Indonesia está actualizando su primer Nivel de Referencia de Emisiones Forestales (NREF) publicado en 2015. El segundo NREF, cuya presentación está prevista para finales de 2021, tendrá dos mejoras principales: 1) la adición de más acciones de mitigación y 2) la mejora de los datos de actividad y de los factores de emisión utilizando una metodología de nivel superior (es decir, más compleja y precisa basada en las orientaciones del IPCC^[84]) y la mejor ciencia disponible. El primer NREF cubre tres acciones de mitigación de emisiones evitadas: deforestación, degradación y descomposición de la turba. En el segundo NREF, el gobierno indonesio añadirá (muy probablemente) tres intervenciones más, relacionadas con las emisiones de los incendios de turba, el carbono del suelo de los manglares y la reforestación. El programa de NCS de Indonesia proporcionará apoyo técnico al Gobierno de Indonesia para mejorar las metodologías de contabilización de los GEI para los incendios de turba, la descomposición de la turba y las emisiones evitadas por los impactos de los manglares.

El programa de NCS de Indonesia proporciona un sólido apoyo científico y técnico, como metodologías de contabilidad para los impactos de la turba y los manglares, a los responsables nacionales de la toma de decisiones con el fin de optimizar la oportunidad de mitigación y apoyar el logro de los objetivos de las NDC.

RUTAS DE LAS NCS DE INDONESIA

Las rutas prioritarias se seleccionaron en función de las pruebas científicas disponibles, el potencial de

mitigación, la eficacia de las acciones de mitigación y la alineación con la estrategia nacional. Se priorizaron siete estrategias de NCS para la evaluación de NCS de Indonesia: *conversión evitada de bosques*, *reforestación*, *manejo forestal sostenible*, *impactos de la turba evitados*, *restauración de la turba*, *impactos de los manglares evitados* y *restauración de los manglares*.

La mitigación de las turberas tiene el mayor potencial de NCS en comparación con otras estrategias, e incluye la deforestación evitada (pérdida de vegetación y descomposición de la turba), los incendios de turba evitados y la restauración de la turba mediante la rehumectación. Según nuestro análisis, la descomposición de la turba evitada gracias al cambio de la cobertura terrestre tiene el potencial de evitar 459 Mt CO₂e/año, seguido de 217 Mt CO₂e de emisiones evitadas por los incendios de turba. La mayor parte de las emisiones de la turba proceden del suelo, mientras que la pérdida de vegetación solo emite 42 Mt CO₂e/año. La restauración de la turba es una estrategia prometedora, que tiene el potencial de reducir 205 Mt CO₂e/año, pero no puede compensar las emisiones resultantes del uso de la tierra o del cambio de la cobertura vegetal en las turberas. En general, hemos calculado que la reducción potencial de emisiones por evitar la conversión de turberas, evitar los incendios de turba y restaurar las turberas se estima en 924 Mt CO₂e/año, lo que supone casi el doble del objetivo de reducción de emisiones del sector forestal establecido en las NDC de Indonesia (497 Mt CO₂e/año) (ver el gráfico 19).

Indonesia tiene la mayor cobertura de manglares del mundo, con unas reservas de C del ecosistema estimadas en 563^[2] y 951-1.083 t C/ha^{[85][86]}. Nuestro análisis determinó que la cifra era de 1.063±47 t C/ha. A través de la evaluación de NCS de Indonesia, nuestro equipo está recopilando un conjunto de datos completo y actualizado que puede proporcionar a los responsables de tomar decisiones de políticas

Potencial de mitigación de la turba

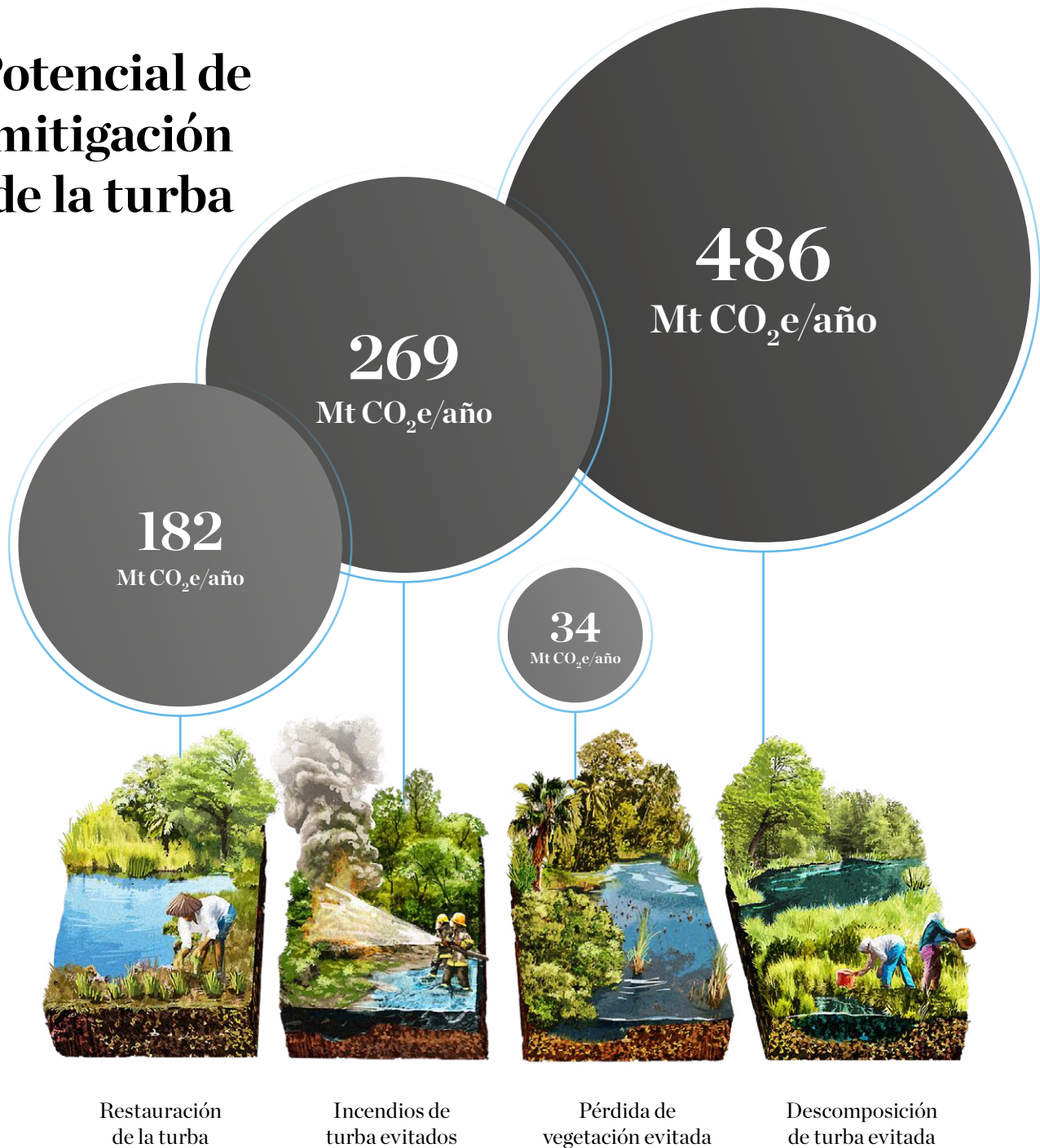


Gráfico 19. Reducción potencial de las emisiones gracias a los impactos evitados en la turba y a la restauración de la turba en Indonesia

la información necesaria para determinar los valores de la conservación y la restauración con respecto a las estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático. Estimaciones anteriores de manglares del IPCC (2014)^[87] y Griscom *et al.* (2017)^[2] fueron 2,6 veces y 5 veces menores, respectivamente, que la

reciente estimación oficial de Indonesia. Trabajamos para perfeccionar esas estimaciones anteriores utilizando datos de nivel 2 (nivel intermedio) para contribuir a mejorar el factor de emisión oficial de los manglares (que se utiliza en todo el país para estimar las emisiones a partir de datos de nivel de actividad).



El programa de NCS de Indonesia proporciona un sólido apoyo científico y técnico, como metodologías de contabilidad para los impactos de la turba y los manglares, a los responsables nacionales de la toma de decisiones con el fin de optimizar la oportunidad de mitigación y apoyar el logro de los objetivos de las NDC.

Existen pocos estudios sobre las emisiones de carbono del suelo procedentes de los ecosistemas de manglares en Indonesia, pero ignorar este importante reservorio de carbono dificultará la capacidad de Indonesia para alcanzar su objetivo de reducción de emisiones en 2030. El carbono del suelo de los manglares se está considerando ahora para el segundo NREF.

LECCIONES APRENDIDAS

Los objetivos de los gobiernos, que en última instancia conllevarán a la asignación de recursos, no solo están determinados por los resultados científicos, sino también por otros factores como la política y los intereses sectoriales. Aunque el valor de la evaluación científica es probablemente muy claro para los científicos, los responsables políticos también querrán sopesar otras consideraciones que les ayuden a priorizar el despliegue de los limitados recursos obteniendo los mayores resultados. Por lo tanto, es importante que un estudio de este tipo aporte también un valor agregado en relación con otras consideraciones que informarán las prioridades científicas del gobierno. Además de proporcionar el análisis científico en el que se centra el estudio, la evaluación de NCS de Indonesia también analizará las barreras económicas y políticas para su implementación.

El clima a menudo no se incluye como una consideración principal para el desarrollo de una nación, por lo que la ciencia que integra el clima y el desarrollo es un componente importante para sustentar el diseño de las políticas. En consecuencia, la comunidad científica tendrá que desempeñar un papel aún más importante a la hora de proporcionar la ciencia para informar y orientar la implementación de estas políticas. El crecimiento económico es muy importante para el gobierno, junto con la atracción de inversiones internacionales. Será importante integrar

en la evaluación de NCS de Indonesia análisis de viabilidad económica que demuestren y aprovechen las oportunidades de mitigación del cambio climático y desarrollo económico en las que todos salgan ganando.

Aunque los científicos y las ONG quieran contribuir a la elaboración de políticas, la realidad es que los procesos de elaboración de políticas no suelen ser inclusivos. Navegar por el panorama de la elaboración de políticas es un arte que tiene que hacerse con la participación en todos los niveles, que incluya el personal técnico y los distintos niveles de gestión, para garantizar una comunicación estratégica eficaz y oportuna dentro de pequeñas ventanas de oportunidad. Este enfoque proporcionará un mensaje sólido que se centra en la ciencia y en cómo podría utilizarse e implementarse, lo que mejorará las perspectivas de que se escuche y se actúe en consecuencia.

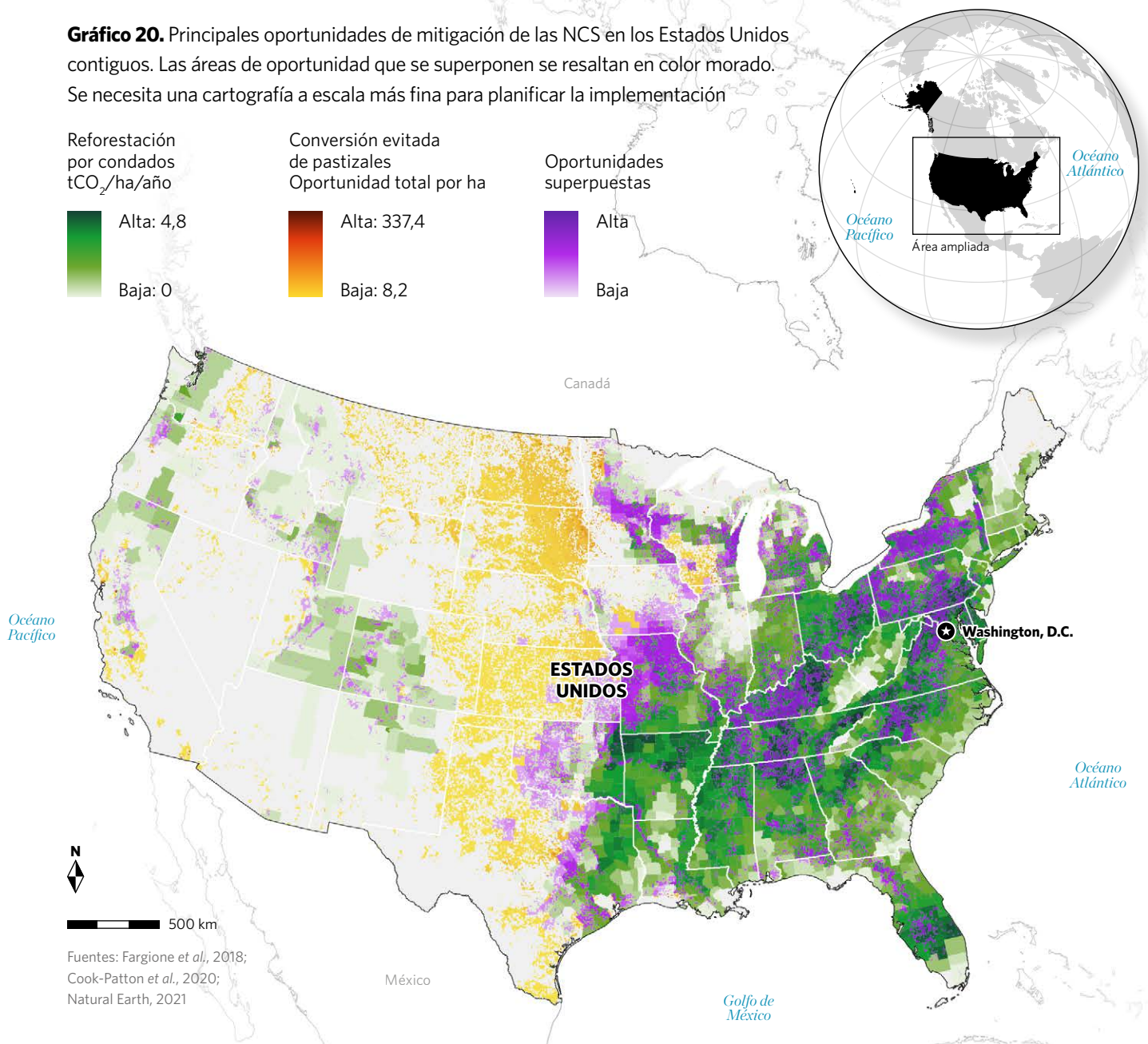
La diseminación de nuestro trabajo sobre las NCS a través de una serie de reuniones y talleres con representantes del Gobierno de Indonesia apoya el uso de la mejor ciencia disponible por parte de los responsables de la toma de decisiones. Con el fin de aumentar la concientización pública sobre el trabajo de las NCS y la oportunidad de investigar para apoyar su implementación, también organizamos seminarios web nacionales sobre las NCS en octubre de 2020 y sobre los manglares en abril de 2021. Invitamos a influyentes ponentes, entre los que se encontraban científicos de NCS, representantes de gobiernos nacionales y provinciales, representantes de organizaciones de la sociedad civil y el público. También actualizamos periódicamente nuestra plataforma de medios sociales (Instagram) para todas las rutas prioritarias de las NCS y publicamos artículos relacionados con nuestra investigación sobre los incendios de turba en revistas y periódicos de renombre.

Estados Unidos



5.

Gráfico 20. Principales oportunidades de mitigación de las NCS en los Estados Unidos contiguos. Las áreas de oportunidad que se superponen se resaltan en color morado. Se necesita una cartografía a escala más fina para planificar la implementación



Después de publicar y difundir el estudio de NCS Global, nos dimos cuenta de que los tomadores de decisiones necesitaban evaluaciones a nivel nacional para fundamentar la acción. La evaluación de las NCS para Estados Unidos^[39] representó nuestro primer análisis a nivel nacional. Pudimos utilizar el marco general, las normas contables y las salvaguardas desarrolladas en el estudio de las NCS a nivel mundial, aunque modificamos las rutas para adaptarlas a Estados Unidos.

Área de la conversión evitada de pastizales

0,7 Mha

Área de reforestación

54 Mha



Una zanja de separación a lo largo del borde de un campo en Michigan, Estados Unidos, evita que los nutrientes y la tierra se desprendan del campo y entren en las vías fluviales locales. © Jason Whalen/Fauna Creative

INVESTIGACIÓN DE ANTECEDENTES

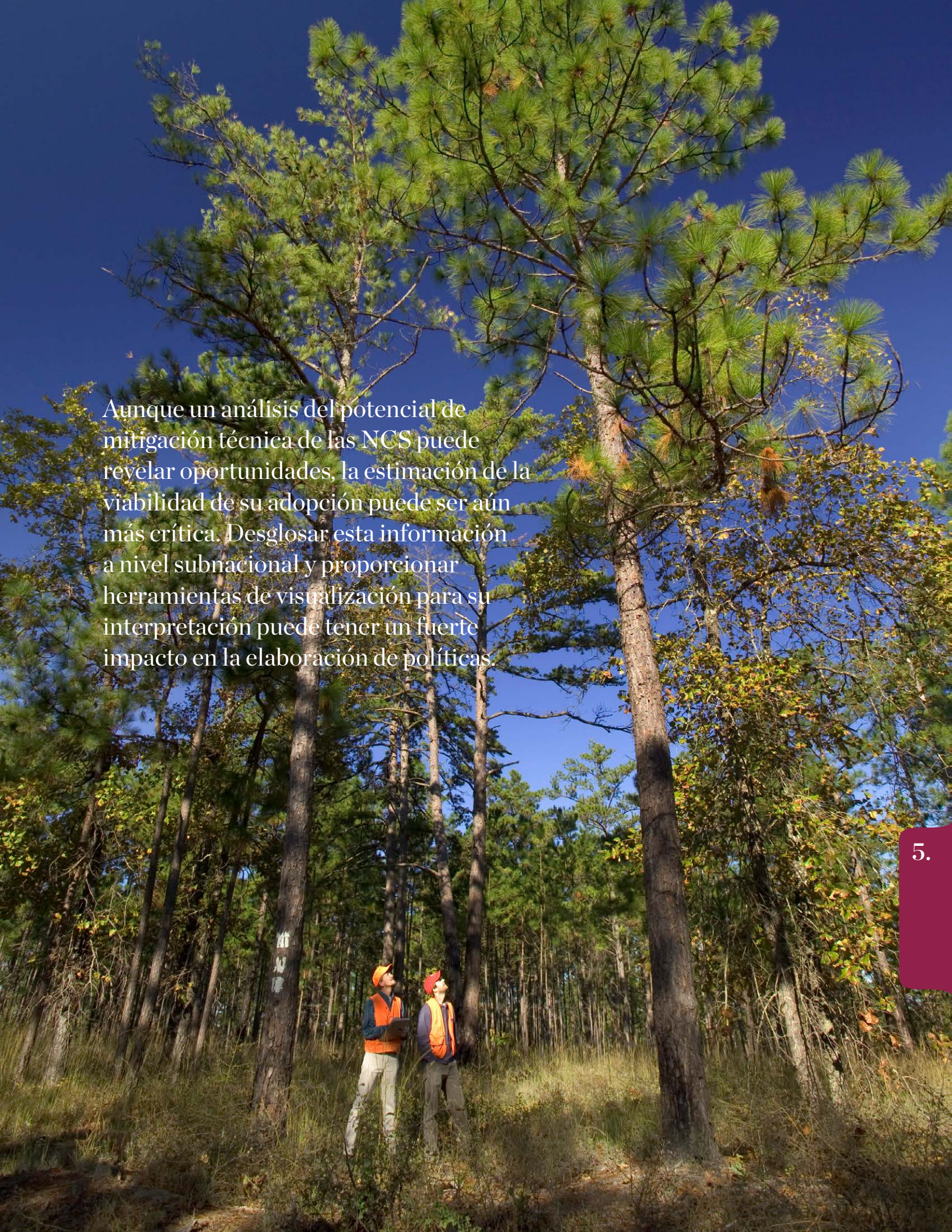
En general, nuestros métodos siguieron los descritos en este manual. Comenzamos convocando a los principales expertos e identificando la mejor información disponible para incluir en nuestra evaluación. A continuación, reunimos equipos de investigación independientes para cada una de las rutas. En la medida de lo posible, hemos incluido a varios expertos en un tema determinado para incorporar la redundancia funcional y garantizar un tratamiento exhaustivo y equilibrado del tema. Para cada ruta, abordamos cuatro preguntas: 1) ¿Cuál es el máximo potencial de mitigación del cambio climático de las NCS en Estados Unidos? 2) ¿Cuál es la incertidumbre asociada a esas estimaciones? 3) ¿Qué proporción del potencial máximo podría alcanzarse con USD 10, USD 50 y USD 100? 4) ¿Y cuáles son los cobeneficios que pueden aportar las NCS?

RUTAS DE LAS NCS DE ESTADOS UNIDOS

Aunque utilizamos el marco del estudio mundial, modificamos la lista de rutas y el alcance de cada una de ellas para adaptarlas a las condiciones de Estados Unidos. Por ejemplo, incluimos una ruta

de reforestación urbana, dada la importancia del reverdecimiento urbano para muchas comunidades de Estados Unidos. También ajustamos la ruta de los incendios para que se centrara en las quemadas prescritas a gran escala en los bosques propensos a los incendios para prevenir más incendios forestales catastróficos.

Nuestro análisis final incluyó 21 rutas distintas y representó la primera estimación completa del potencial de las NCS en los 48 estados contiguos. Encontramos un potencial total de mitigación de las NCS de 1,2 Gt de CO₂e anuales^[39]. Hemos comprobado que la *reforestación* tiene el mayor potencial de mitigación, seguida del *manejo forestal natural* y, a continuación, la *conversión evitada de pastizales*. Sin embargo, la relación costo-efectividad cambió la clasificación; los *cultivos de cobertura* y luego el *manejo forestal natural* ofrecían la mayor oportunidad a un costo menor en comparación con otras rutas. La mayor parte del potencial de mitigación (63%) procede del aumento de la captura de carbono en la biomasa vegetal, pero el 29% proviene del aumento de la captura en el suelo, y el 7% de las emisiones evitadas de metano y N₂O. Además, estimamos que casi una cuarta parte del potencial puede alcanzarse por menos de USD 10/tCO₂e.

A large, tall pine tree dominates the center of the image, reaching towards a clear blue sky. The tree's branches are covered in vibrant green needles. In the lower foreground, two people wearing orange safety vests and hard hats stand on a grassy clearing, looking up at the tree. The background is filled with a dense forest of similar trees, some with yellowing leaves, suggesting an autumn setting. The overall scene is bright and clear, with strong sunlight filtering through the canopy.

Aunque un análisis del potencial de mitigación técnica de las NCS puede revelar oportunidades, la estimación de la viabilidad de su adopción puede ser aún más crítica. Desglosar esta información a nivel subnacional y proporcionar herramientas de visualización para su interpretación puede tener un fuerte impacto en la elaboración de políticas.



Lagunas (estanques) en las marismas del bajo Kennebec en Maine, Estados Unidos. © Harold E. Malde/TNC

LECCIONES APRENDIDAS

Uno de los mayores retos a la hora de realizar la evaluación fue la irregularidad de los datos. Esto generó un reto especial para las rutas de los humedales, que carecían de datos sobre las emisiones de metano y la captura de carbono neta y sobre cómo varían entre los distintos tipos de humedales. Incluso teniendo en cuenta esta consideración, la disponibilidad y la calidad de los datos para Estados Unidos en general es bastante buena. Además, los responsables de la toma de decisiones del gobierno en Estados Unidos han tendido a estar abiertos a considerar los datos de una serie de fuentes acreditadas, en lugar de estar limitados por una sola fuente oficial que puede o no coincidir con las necesidades de la evaluación.

Aunque las conversaciones sobre la mitigación del sector AFOLU se centran a veces en la gran oportunidad que se presenta en los países menos desarrollados, la evaluación reveló que el sector AFOLU puede contribuir de forma importante a la mitigación del cambio climático incluso en países desarrollados como Estados Unidos. Estados

Unidos es el mayor emisor acumulado de CO₂ procedente de combustibles fósiles^[88] y sigue siendo el segundo mayor emisor anual de GEI^[89]. A pesar de la inmensa magnitud de las emisiones nacionales de GEI procedentes del uso de combustibles fósiles, comprobamos que las NCS tienen el potencial de generar una mitigación equivalente al 21% de las emisiones anuales netas.

La generación de datos subnacionales y herramientas de visualización puede tener un fuerte impacto en la elaboración de políticas. En 2018, el trabajo se publicó en *Science Advances*, una publicación revisada por pares y de acceso abierto. Desde entonces, ha sido citado por más de 100 estudios científicos. El documento llamó la atención de los miembros del Congreso de Estados Unidos y se pidió al autor principal que testificara sobre los resultados. También desarrollamos una [herramienta web de mapeo estatal en Estados Unidos](#) en el sitio [Nature4Climate.org](#) que proporciona estimaciones a nivel estatal del potencial de las NCS por ruta y por diferentes umbrales de costo. Estas estimaciones resultaron muy útiles para informar los debates del

grupo de trabajo de Tierras Naturales y de Trabajo de la [Alianza Climática de Estados Unidos](#). La Alianza es una coalición de Estados comprometidos con la lucha contra el cambio climático. Como parte de este grupo de trabajo, una coalición de ONG organizó una serie de “laboratorios de aprendizaje”, comenzando con un laboratorio nacional en Washington, D.C. en julio de 2018 y continuando con una serie de laboratorios regionales en 2019. En cada laboratorio de aprendizaje se presentaron evaluaciones de oportunidades a nivel estatal. Estas evaluaciones de oportunidades se basaron en gran medida en nuestra evaluación nacional, en la que fue posible desglosar los resultados nacionales a nivel estatal. Nos asociamos con otras organizaciones no gubernamentales para desarrollar materiales informativos basados en nuestra ciencia para llevar a estos debates.

La administración del manejo del uso la tierra en Estados Unidos está bastante descentralizada, lo que da lugar a un gran número de partes interesadas. Del mismo modo, el tamaño y la variabilidad geográfica de Estados Unidos dan lugar a una gran variedad de tipos de oportunidades por estado o región (p. ej., el énfasis en la mejora del manejo forestal en el este de Estados Unidos, la agricultura en el centro de Estados Unidos y

el manejo de incendios en el oeste de Estados Unidos). Todo ello ha dado lugar a la necesidad de una profunda inversión en la coordinación entre las partes ejecutoras, así como a la necesidad de adaptar el análisis y la comunicación de oportunidades a escala estatal, tal como en las evaluaciones de las NCS que se han publicado para California^[90] y Oregón^[91].

Aunque esta evaluación reveló que las NCS representan una oportunidad mayor en Estados Unidos de lo que mucha gente había pensado, estimar la viabilidad de la adopción es mucho más difícil —y generalmente más importante— que estimar el potencial técnico. Teniendo esto en cuenta, hemos llevado a cabo investigaciones adicionales para mejorar nuestras estimaciones de rutas especialmente prometedoras, como la reforestación^{[92][93]}, y hemos desarrollado conjuntamente sitios web, como el [Reforestation Hub](#), para mostrar los últimos avances científicos y estudios de casos de aplicación de las NCS en acción. Pero, en general, tres años después de su publicación, el documento sigue siendo la mejor estimación del potencial de las NCS en Estados Unidos y sigue informando activamente los debates sobre dónde y cómo desplegar las NCS como solución climática en todo el país.



Mañana en una marisma salada a orillas de la Gran Bahía en Durham, Nuevo Hampshire, Estados Unidos. © Jerry and Marcy Monkman/EcoPhotography

Apéndice

Estimación de los costos

Para cualquier evaluación de las NCS, es fundamental tener en cuenta dos precios: 1) el precio al que un proyecto puede suministrar reducciones de GEI (el costo total por unidad de GEI), y 2) el precio que el proyecto puede obtener por estas reducciones (los ingresos previstos por unidad de GEI). Estos factores afectan a la competitividad de los costos y, por tanto, a la viabilidad financiera de un proyecto, tanto en el presente como en el futuro.

COSTO TOTAL DEL PROYECTO

El costo total de un proyecto de NCS define el precio al que el proyecto puede suministrar reducciones de GEI. También puede considerarse el **precio de la oferta** del proyecto de NCS. Como se describe en “*Caracterización de los costos*”, este costo tiene tres componentes:

- **Costo de implementación** del proyecto de NCS;
- **Costo de oportunidad**, que es el beneficio neto perdido del uso de la tierra desplazado por el proyecto de NCS (p. ej., por *conversión evitada de bosques* en tierras de cultivo, la ganancia perdida de los cultivos menos los costos de desmonte y preparación del terreno que habrían sido necesarios para establecer las tierras de cultivo); y
- **Costos de transacción y otros gastos generales** necesarios para hacer posible la implementación de las NCS.

Es importante destacar que los costos del proyecto pueden cambiar con el tiempo y, por tanto, también la costo-efectividad y la viabilidad financiera del

mismo. Por ejemplo, un proyecto de *conversión evitada de bosques* podría adquirir o alquilar tierras en riesgo de conversión. Si el uso previsto de las tierras es, por ejemplo, como pasto para el ganado vacuno, los pagos de los alquileres estarían determinados en gran medida por los ingresos netos que los propietarios de las tierras esperarían recibir de su ganado, un valor que depende tanto de los precios actuales como de los precios futuros previstos del ganado vacuno. Dado que es probable que estos costos de oportunidad representen una gran proporción de los costos totales del proyecto, a menos que los precios del carbono sean muy elevados, la viabilidad financiera del proyecto sería sensible a los cambios en la oferta y la demanda en los mercados de carne de vacuno a los que pueden acceder los propietarios de tierras. En otras palabras, si los precios de la carne de vacuno aumentan, los propietarios de tierras exigirán mayores precios de alquiler de la tierra para compensar los mayores ingresos netos no percibidos y el costo de ejecución del proyecto de NCS aumentará con el tiempo.

INGRESOS PREVISTOS DEL PROYECTO

El segundo precio clave es el precio que un proyecto de NCS puede esperar obtener por sus reducciones de GEI (en otras palabras, lo que los compradores están dispuestos a pagar por unidad de GEI), o sus **ingresos esperados por unidad de GEI**. Este precio depende de la procedencia de la demanda de reducciones de GEI (p. ej., los mercados de carbono) y también cambiará con el tiempo según fluctúe la demanda. Debido a la incertidumbre inherente a los precios futuros de los GEI, es importante evaluar la sensibilidad de la viabilidad financiera y económica de un proyecto de NCS a los cambios en estos precios. Cabe notar que los cambios en los precios futuros de las reducciones de GEI preocupan principalmente a los proyectos que generan reducciones de GEI o créditos de reducción a lo largo del tiempo, pero no afectan a los proyectos que venden sus reducciones de GEI al principio.

Se puede suponer que la demanda general de reducciones de GEI aumentará sustancialmente con el tiempo y que el aumento de los precios del carbono tenderá a incrementar la oferta de proyectos de NCS. Sin embargo, la forma en que esto afectará a la competitividad de las NCS depende de los precios y las cantidades relativas de las reducciones de GEI procedentes de fuentes de NCS y no NCS (incluidas las nuevas soluciones tecnológicas, que son difíciles de predecir). Esto puede variar según los países y las regiones en función de los mercados voluntarios y de cumplimiento a los que puedan acceder los proyectos. En los países que imponen impuestos sobre el carbono, pero que permiten compensaciones en lugar de pagos de impuestos, los precios de las reducciones de GEI compiten efectivamente con la tasa del impuesto sobre el carbono, al menos para la demanda de reducción de GEI de los sectores sujetos al impuesto sobre el carbono. Además, cada uno de los mercados de carbono voluntarios y de cumplimiento

tiene sus propios requisitos específicos de elegibilidad con respecto al tipo y el origen de las reducciones de GEI que se pueden negociar. Esto puede limitar la demanda de reducciones de GEI basadas en las NCS producidas en una región concreta.

Es posible prever en cierta medida los precios futuros de los gases de efecto invernadero. Uno de los enfoques utiliza las estimaciones de los daños marginales esperados causados por sucesivas toneladas adicionales de CO₂e en la atmósfera: el costo social del carbono (CSC). A continuación, compara este costo marginal de los daños con los costos marginales de reducción, o MAC (por sus siglas en inglés), de las alternativas de reducción de GEI disponibles (en USD/tCO₂e reducidas) para identificar la cantidad económicamente óptima de reducción de GEI: el nivel en el que el costo de la siguiente unidad de reducción de GEI supera el daño causado por esa unidad adicional (*para una introducción a los MAC, ver "Incorporación de costos: Curvas de costos marginales de reducción" en las páginas 48-50 de este documento*). Según este enfoque, cualquier reducción de GEI con un MAC igual o inferior al CSC se consideraría rentable. Se han publicado estimaciones del CSC nacional para la mayoría de los países^[94], y muchos países o jurisdicciones subnacionales han adoptado valores específicos del CSC para el análisis de las políticas nacionales. Alternativamente, las predicciones de los precios futuros de los GEI pueden basarse en estimaciones publicadas (como las del IPCC) de lo que costaría (por USD/tCO₂e reducido) aplicar determinados objetivos de reducción de GEI.

DETERMINACIÓN DE LA VIABILIDAD DEL PROYECTO

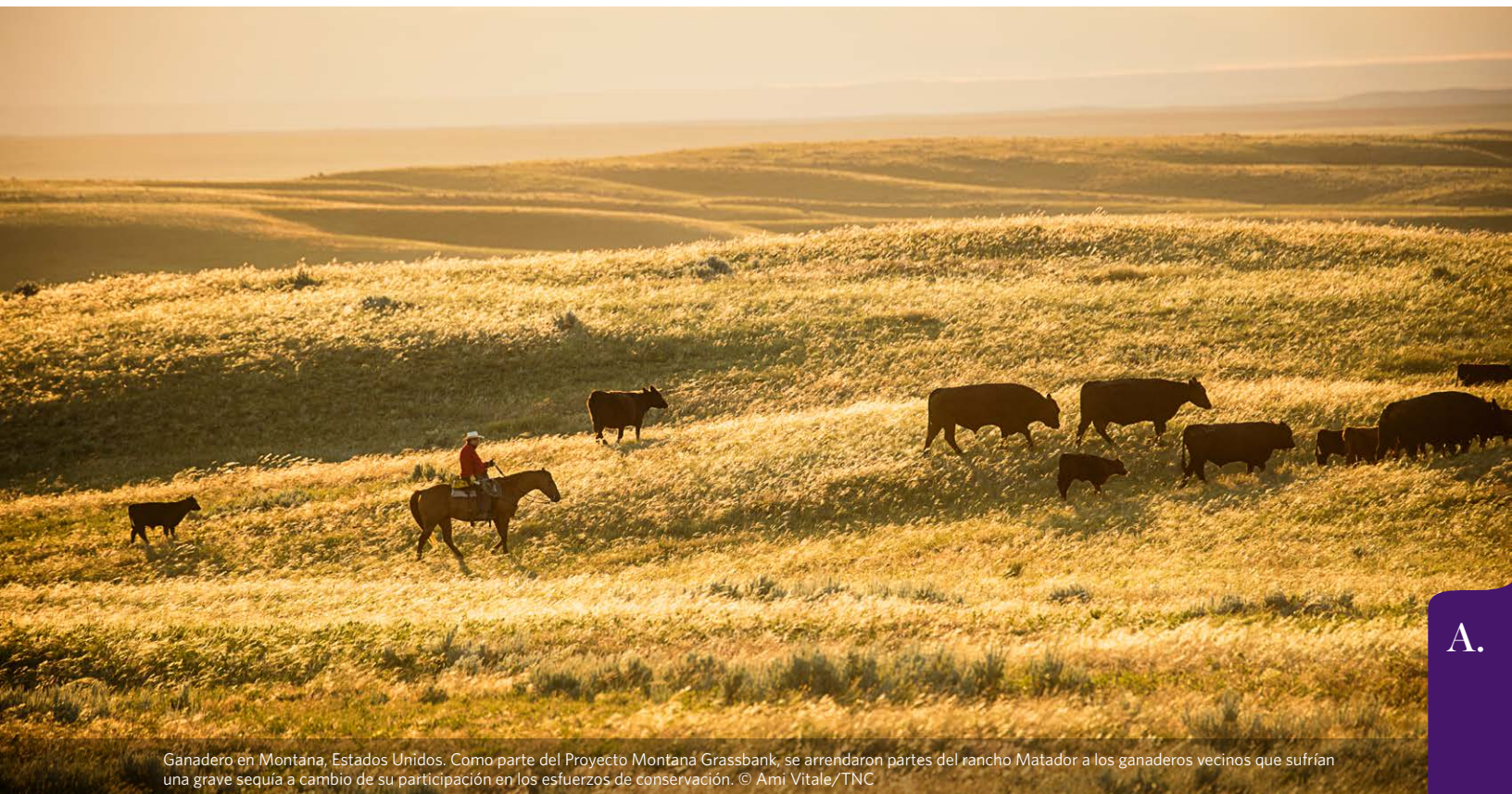
Un proyecto de NCS solo puede ser viable desde el punto de vista financiero si el precio que puede obtenerse por las reducciones de GEI resultantes es mayor que lo que costará producir esas reducciones.

Por ejemplo, si un proyecto de NCS tiene costos medios generales de USD 30/tCO₂e y los precios que puede obtener por las reducciones de GEI que produce oscilan entre USD 35 y 45/tCO₂e, el proyecto es financieramente viable. Si los precios que puede obtener por sus reducciones de GEI bajaran a USD 25/tCO₂e, el proyecto dejaría de ser financieramente viable en su conjunto porque sus costos superarían sus ingresos. Sin embargo, las subunidades de ese proyecto general pueden seguir siendo rentables. Por ejemplo, un gran proyecto de reforestación cuyos costos varían en el espacio debido a los diferentes precios de la tierra que se pagan en las distintas zonas podría tener subunidades cuyos costos sean inferiores a USD 25/tCO₂e. Esas subunidades seguirían siendo económicamente viables.

Incluso si los precios de los GEI son demasiado bajos para que un proyecto sea **viable desde el punto de**

vista financiero, seguiría siendo **económicamente deseable** desde la perspectiva de la sociedad si los beneficios totales, incluidos los daños climáticos que evita junto con otros servicios de los ecosistemas que produce el proyecto y por los que no recibe pagos, superan los costos del proyecto.

Al final, el despliegue real de un proyecto de NCS también estará probablemente limitado por restricciones técnicas, sociales, institucionales y políticas o normativas, a menudo muy por debajo de su máximo potencial biofísico. Si bien es posible abordar muchas de estas limitaciones, a menudo poco conocidas, hacerlo puede requerir estrategias de intervención múltiples y específicas para cada lugar, lo que aumentará los costos de reducción de GEI, llevará tiempo y a menudo estará más allá de la capacidad de implementación de cualquier proyecto individual de NCS.



Ganadero en Montana, Estados Unidos. Como parte del Proyecto Montana Grassbank, se arrendaron partes del rancho Matador a los ganaderos vecinos que sufrían una grave sequía a cambio de su participación en los esfuerzos de conservación. © Ami Vitale/TNC

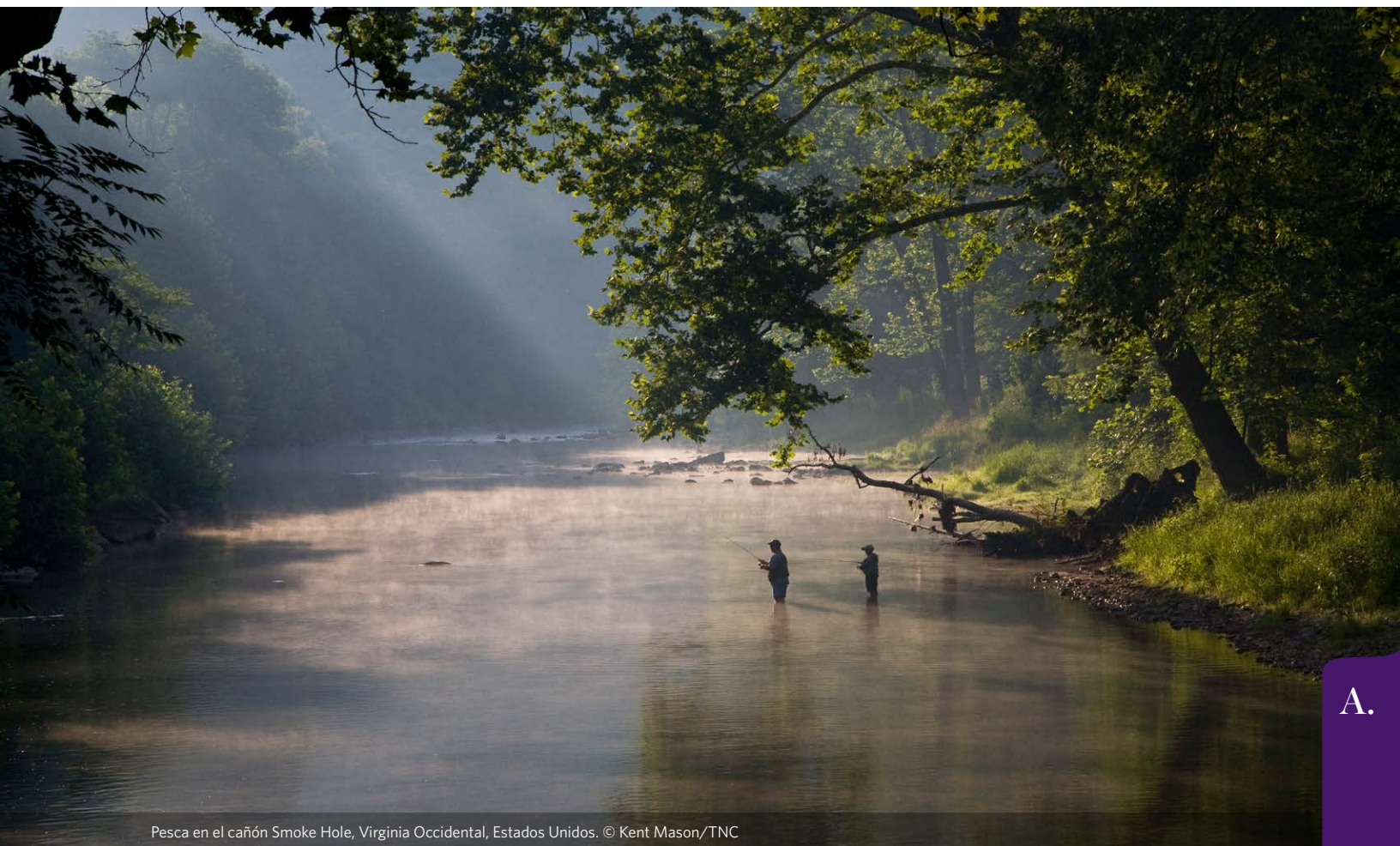


Cobeneficios

La implementación de la mayoría de las rutas de las NCS ofrece otros beneficios más allá de la mitigación del cambio climático, a menudo denominados cobeneficios.

Los beneficios de la mitigación se producen a escala mundial, mientras que los cobeneficios de las actividades de las NCS suelen ser más localizados. Al hablar con las personas que implementan las NCS, hemos comprobado que estos cobeneficios son a menudo los que motivan la acción.

Por ello, puede ser muy importante hacerles un seguimiento, también llamados a veces beneficios secundarios, asociados a la implementación de las NCS. Hemos adoptado este enfoque en nuestras evaluaciones de NCS Global, Estados Unidos y Canadá, y resumimos nuestros resultados aquí. Hemos organizado los cobeneficios en cinco categorías generales: biodiversidad, suelo, agua, aire y social^{[2][15]}. Los ejemplos que mencionamos no son en absoluto exhaustivos y existen otros posibles cobeneficios. Por ejemplo, la adaptación al cambio climático y la resiliencia de los ecosistemas son beneficios importantes que atraviesan estas categorías y son apoyados por muchas rutas de las NCS. Además, la realización de los beneficios potenciales no es universal y dependerá de cómo se produzca la implementación de las NCS.



Pesca en el cañón Smoke Hole, Virginia Occidental, Estados Unidos. © Kent Mason/TNC



Colores de otoño a lo largo del sendero de Blackbird Knob, en el Área Silvestre Dolly Sods, Virginia Occidental, Estados Unidos. © Kent Mason/TNC

COBENEFICIOS DE LAS RUTAS BASADAS EN EL BOSQUE

Biodiversidad. Los bosques primarios continuos conservan la biodiversidad. La reducción del impacto de la tala, la ampliación de la rotación de las cosechas, el manejo de los incendios para imitar los regímenes de fuego históricos, la reducción de la tala para leña o la plantación de corredores de vida silvestre y zonas de amortiguamiento pueden mejorar la conservación de la biodiversidad.

Suelo. Los bosques pueden mejorar la retención del agua del suelo y la regulación del flujo y mantener las propiedades biológicas y físicas del mismo, asegurando la salud y la productividad continuas de los bosques. Los sitios reforestados suelen mostrar un aumento apreciable de la fauna del suelo. Los bosques con incendios de menor gravedad (en lugar de incendios forestales catastróficos) tienen más materia orgánica, mejores propiedades del suelo, tiempos de recuperación más rápidos y una mejor infiltración y retención del agua.

Agua. Los bosques pueden mejorar la disponibilidad de agua para el riego de los cultivos y la mitigación de la sequía, evitar la sedimentación en las presas hidroeléctricas, proteger la integridad de los ecosistemas de agua dulce cercanos, regular las inundaciones y mejorar la filtración y retención del agua en el suelo.

Aire. Los bosques son importantes para la reducción del ozono y la filtración del aire. Un mejor manejo del fuego puede reducir las partículas, y cocinas más eficientes mejoran la calidad del aire interior, lo que puede mejorar la calidad de vida y reducir la mortalidad humana.

Social. La conservación de los bosques tiene beneficios culturales, estéticos, recreativos y espirituales. Por ello, su conservación suele contar con un fuerte apoyo público y de las partes interesadas. Los bosques son el hogar de muchas comunidades indígenas en todo el mundo. Si se lleva a cabo de forma adecuada, la reforestación puede suponer un aumento de las oportunidades de empleo y un incremento de los beneficios socioeconómicos para las comunidades que dependen de los bosques.

COBENEFICIOS DE LOS HUMEDALES

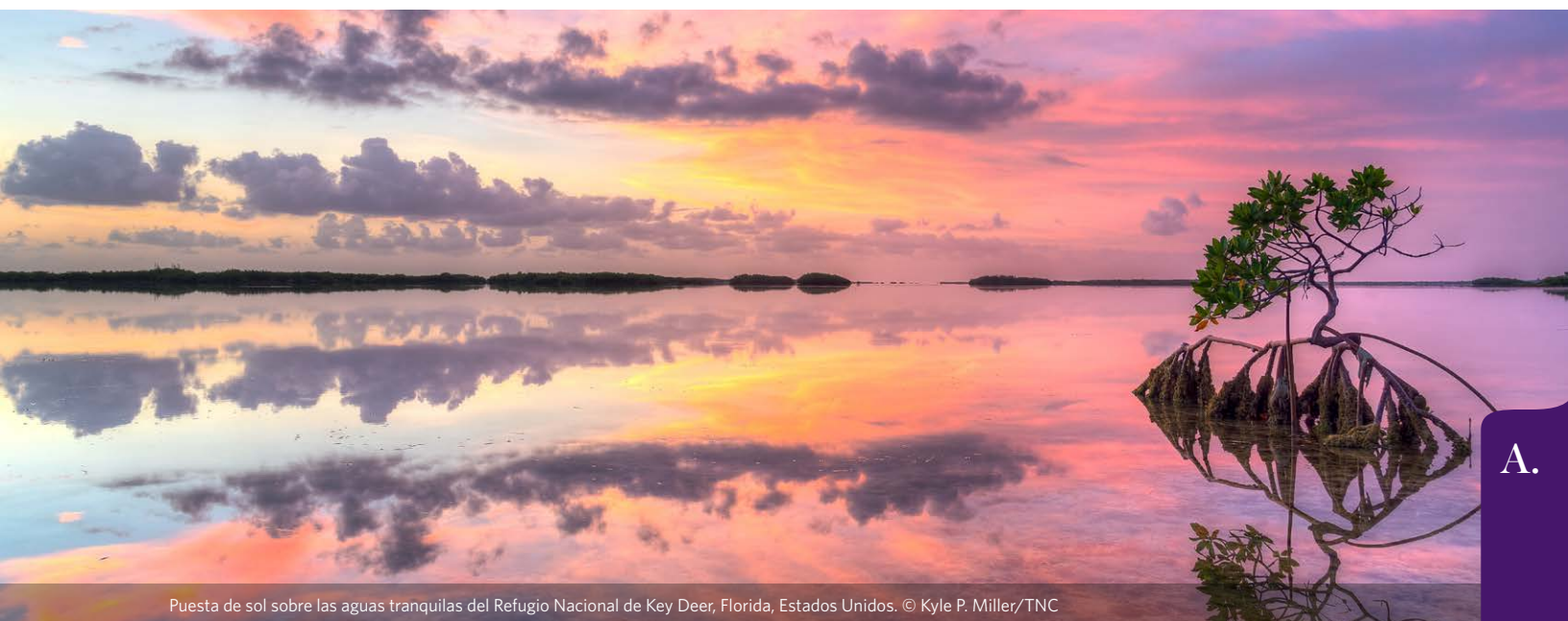
Biodiversidad. La protección o restauración de los humedales costeros mantiene el hábitat de la fauna, incluidos los criaderos de peces y camarones de importancia comercial. La protección o restauración de las turberas protege diversas comunidades ecológicas, entre ellas especies clave de insectos.

Suelo. Los humedales costeros protegen las costas y transfieren nutrientes a los arrecifes de coral.

Agua. Los humedales costeros, las turberas y los manglares prestan diversos servicios relacionados con la filtración del agua, el control de las inundaciones y el saneamiento de las aguas pluviales.

Aire. Restaurar las turberas y/o evitar su impacto puede disminuir el riesgo de incendios en las turberas, reduciendo así la exposición a los contaminantes que pueden causar trastornos pulmonares. La plantación de árboles ayuda a capturar las partículas y los contaminantes del aire.

Social. Los manglares sirven de hábitat para peces de importancia comercial, contribuyendo así a la seguridad alimentaria, los medios de subsistencia y el bienestar humano. Las marismas y las praderas marinas proporcionan un hábitat para especies vegetales importantes en las cosechas artesanales, así como para las aves acuáticas capturadas por los cazadores de subsistencia y recreativos. Estos hábitats son apreciados para el turismo, el ocio, la educación, la seguridad alimentaria y los ingresos familiares. Las turberas pueden proporcionar fuentes de alimento a las comunidades indígenas y otras comunidades locales, entre ellas la caza y el forrajeo.



Puesta de sol sobre las aguas tranquilas del Refugio Nacional de Key Deer, Florida, Estados Unidos. © Kyle P. Miller/TNC

COBENEFICIOS DE LAS RUTAS BASADAS EN LOS PASTIZALES Y LA AGRICULTURA

Biodiversidad. La protección de los pastizales garantiza un hábitat importante para las aves que anidan y se alimentan allí. El manejo de los fertilizantes favorece la riqueza y la abundancia de las especies de peces al reducir la escorrentía de nutrientes hacia las vías fluviales. Los árboles en las tierras de cultivo pueden proporcionar un hábitat para las especies y apoyar la conectividad del ecosistema. La mejora del manejo del pastoreo reduce la perturbación de las interacciones planta-insecto. Las legumbres pueden aumentar la diversidad de insectos.

Suelo. La adición de carbono vegetal mejora la calidad y la fertilidad del suelo en las regiones templadas. Un mejor manejo de los nutrientes ayuda a mantener la fertilidad del suelo. Los árboles en las tierras de cultivo pueden proporcionar un control de la erosión. El manejo del pastoreo puede mejorar la capacidad del suelo para atrapar contaminantes y otros sedimentos. Las legumbres mejoran la estructura y la fertilidad del suelo.

Agua. Los pastizales pueden controlar las inundaciones y mantener el equilibrio hídrico del ecosistema. El manejo de los nutrientes en las tierras de cultivo mejora la calidad del agua, lo que puede tener efectos positivos en el agua potable, el hábitat y las actividades recreativas. La agricultura de conservación, la mejora de las prácticas de pastoreo y la mejora del cultivo del arroz reducen la demanda de agua para la agricultura. Los árboles en las tierras de cultivo pueden proporcionar una recarga de agua.

Aire. Un mejor manejo de los nutrientes puede reducir el óxido nítrico y otras emisiones. La plantación de árboles ayuda a capturar las partículas del aire y los gases contaminantes. Evitar la quema de los rastrojos de las cosechas y la reducción de la labranza disminuyen la exposición a las partículas nocivas.

Social. El mantenimiento de los pastizales y la ganadería puede apoyar el patrimonio cultural y el turismo rural. El cultivo y el procesamiento de las semillas de los cultivos de cobertura pueden suponer un aumento de las oportunidades de empleo. Las legumbres pueden mejorar la calidad del pastoreo, lo que aumenta la eficiencia del ganado. En algunos lugares, el manejo de los incendios de pastizales puede preservar las prácticas agrícolas y culturales de los pueblos indígenas.

Cuantificamos los beneficios de la biodiversidad siguiendo las definiciones establecidas por el Convenio sobre la Diversidad Biológica^[95]; y otros beneficios según la definición de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio^[96]. La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio ofrece una buena lista de partida, pero recomendamos hablar con las partes interesadas para determinar los beneficios que más desean.

Para algunas evaluaciones de las NCS, puede ser útil realizar análisis detallados sobre dónde y cómo las NCS pueden optimizar mejor los cobeneficios. Por ejemplo, en Estados Unidos, nos interesaba especialmente localizar áreas en las que pudiéramos conseguir tanto beneficios de mitigación del cambio climático como de regulación de inundaciones. Para ello, elaboramos mapas rasterizados de 30 m de

resolución que identificaban las áreas aptas para la reforestación y que además se encontraban dentro de zonas que se inundan aproximadamente cada cinco años. Nos centramos en estos lugares después de que las conversaciones con los profesionales a nivel estatal revelaran que las partes interesadas locales eran las que tenían más interés en plantar árboles para obtener beneficios del agua.

Compensaciones de carbono

Las compensaciones de carbono representan una reducción o almacenamiento de las emisiones de GEI realizadas para compensar las emisiones de otros lugares.

Son una de las muchas estrategias que pueden utilizarse para reducir o almacenar las emisiones de GEI mediante las NCS, junto con otros programas de pago por resultados, programas de pagos por servicios de los ecosistemas o financiamiento basado en resultados a través de la ayuda de donantes multilaterales o bilaterales.

En la actualidad existen dos tipos de mercados de compensaciones: el de **compensaciones de cumplimiento** (en el que las empresas están obligadas a cumplir un tope o a pagar un impuesto sobre las emisiones y pueden comprar compensaciones a través de un mercado regulado para ayudar a cumplir estas obligaciones) y el de **compensaciones voluntarias** (en el que cualquiera puede comprar compensaciones, principalmente para cumplir objetivos climáticos voluntarios, y por ello el precio por tonelada métrica de carbono suele variar más que en los mercados de cumplimiento).

La compensación es solo una parte de un conjunto más amplio de herramientas necesarias para lograr objetivos creíbles de reducción de emisiones. Por consiguiente, las compensaciones solo deben perseguirse en el contexto de objetivos ambiciosos a largo plazo y de la aplicación de la jerarquía de mitigación (*ver Priorización de las rutas, página 24*).

Aunque las compensaciones pueden ayudar a atraer financiamiento y a sufragar los costos de las reducciones de emisiones necesarias para cumplir un objetivo climático a corto plazo, en última instancia, todos los países y empresas deben descarbonizarse si el mundo quiere limitar el aumento de la temperatura global. Combinar las oportunidades inmediatas de compensación con objetivos estrictos a largo plazo garantizará que la dependencia de las compensaciones disminuya con el tiempo. Si las compensaciones forman parte del mecanismo de financiamiento de las acciones de las NCS que ha analizado, es importante tener en cuenta los siguientes principios. En conjunto, estos principios ayudan a garantizar que las compensaciones se utilicen adecuadamente y proporcionen beneficios reales y duraderos en materia de carbono:

Contexto: ¿Son las compensaciones la única forma de tener en cuenta las áreas naturales y tierras de cultivo en los planes y políticas climáticas de su geografía? Si es así, tenga cuidado. Aunque la compensación puede desempeñar un papel en el fomento de la restauración, en la mejora del manejo y en evitar la reconversión, deben promulgarse planes y políticas integrales para mantener el sumidero existente (que no es *adicional* para las compensaciones) y para que todo el sector adopte una ruta de bajas emisiones de carbono (algo que la compensación no puede lograr por sí sola).

Adicionalidad: ¿El proyecto de compensación da lugar a una mitigación normal o va más allá de lo que

cabría esperar? Los proyectos de compensación solo son viables si el suministro no se hubiera producido de no ser por el incentivo ofrecido por el comprador. Si un país quiere incentivar a los agricultores, silvicultores y comunidades (especialmente a los pueblos indígenas) que históricamente han capturado carbono o han evitado las emisiones a través de sus actividades habituales, esto debe hacerse por separado de un mecanismo de compensación. Tenga en cuenta que algunos requisitos de adicionalidad no se aplican a los países que buscan transformar todo el sector AFOLU a través de enfoques REDD+ a escala nacional o subnacional.

Línea base: ¿Cuáles son las emisiones históricas de la actividad de las NCS? ¿Qué probabilidad hay de que estas emisiones continúen con las actividades habituales (*business-as-usual*)? ¿Representa el proyecto de NCS una mejora con respecto a lo que habría ocurrido de otro modo? Esta es una parte clave de la definición de la adicionalidad y debe incluir una fecha de inicio creíble y una proyección de lo que probablemente ocurriría en ausencia del financiamiento de la compensación. Una vez más, se permitirán diferencias en el cálculo de las líneas base para los enfoques de REDD+ a escala nacional o subnacional que acceden a conjuntos de datos muy diferentes a los de los proyectos sobre el terreno.

Requisitos para los compradores: En el caso de las compensaciones vendidas en un mercado regulado, el Estado controla los parámetros sobre los que las empresas pueden comprar compensaciones y si hay un límite en el número y los tipos de compensaciones compradas. En cambio, en un mercado voluntario, no hay restricciones al acceso de los compradores al mercado; en su lugar, hay recomendaciones de buenas prácticas como el uso de la jerarquía de mitigación. Puede ser útil una regulación adicional para exigir a las empresas que informen sobre sus emisiones y objetivos en el país, de modo que haya

más transparencia sobre el uso de compensaciones voluntarias en este contexto.

Permanencia: ¿Las emisiones evitadas o eliminadas de la atmósfera se mantendrán fuera de ella a largo plazo? Por ejemplo, ¿hay una garantía razonable de que las tierras utilizadas como compensación seguirán protegidas e intactas una vez finalizado el proyecto? Las normas de compensación de carbono existentes exigen permanencia en varios plazos. Por ejemplo, según la Junta de Recursos Atmosféricos de California, los proyectos forestales deben garantizar una permanencia de 100 años, mientras que muchas de las metodologías aprobadas en el marco del Sistema de Compensación y Reducción de Carbono para la Aviación Internacional (CORSA, por sus siglas en inglés) exigen una permanencia de 40 años. El marco temporal está influenciado por las circunstancias políticas y legales de cada lugar.

Fugas: ¿Las emisiones evitadas se trasladarán a otro lugar? Si es así, ¿se puede evitar esta fuga? Las fugas son difíciles de cuantificar y de medir. Por ello, muchos protocolos exigen que los proyectos apliquen un descuento estándar al volumen total de compensaciones generado. Por ejemplo, un proyecto de manejo forestal mejorado que reduzca la producción de madera podría tener que aplicar un descuento porcentual a las compensaciones de carbono resultantes. Esto se debe a que, si la demanda de madera sigue siendo la misma, es muy probable que la madera adicional sea recolectada por un proveedor diferente fuera de los límites del proyecto.

Medición y monitoreo: ¿Cómo se medirán las emisiones reducidas o el carbono capturado a lo largo del tiempo? ¿Con qué frecuencia va a hacer el monitoreo? ¿Qué precisión deben tener las mediciones y el monitoreo? Estos enfoques pueden conllevar a la dependencia de tecnologías como las imágenes por satélite, LiDAR, etc., pero a

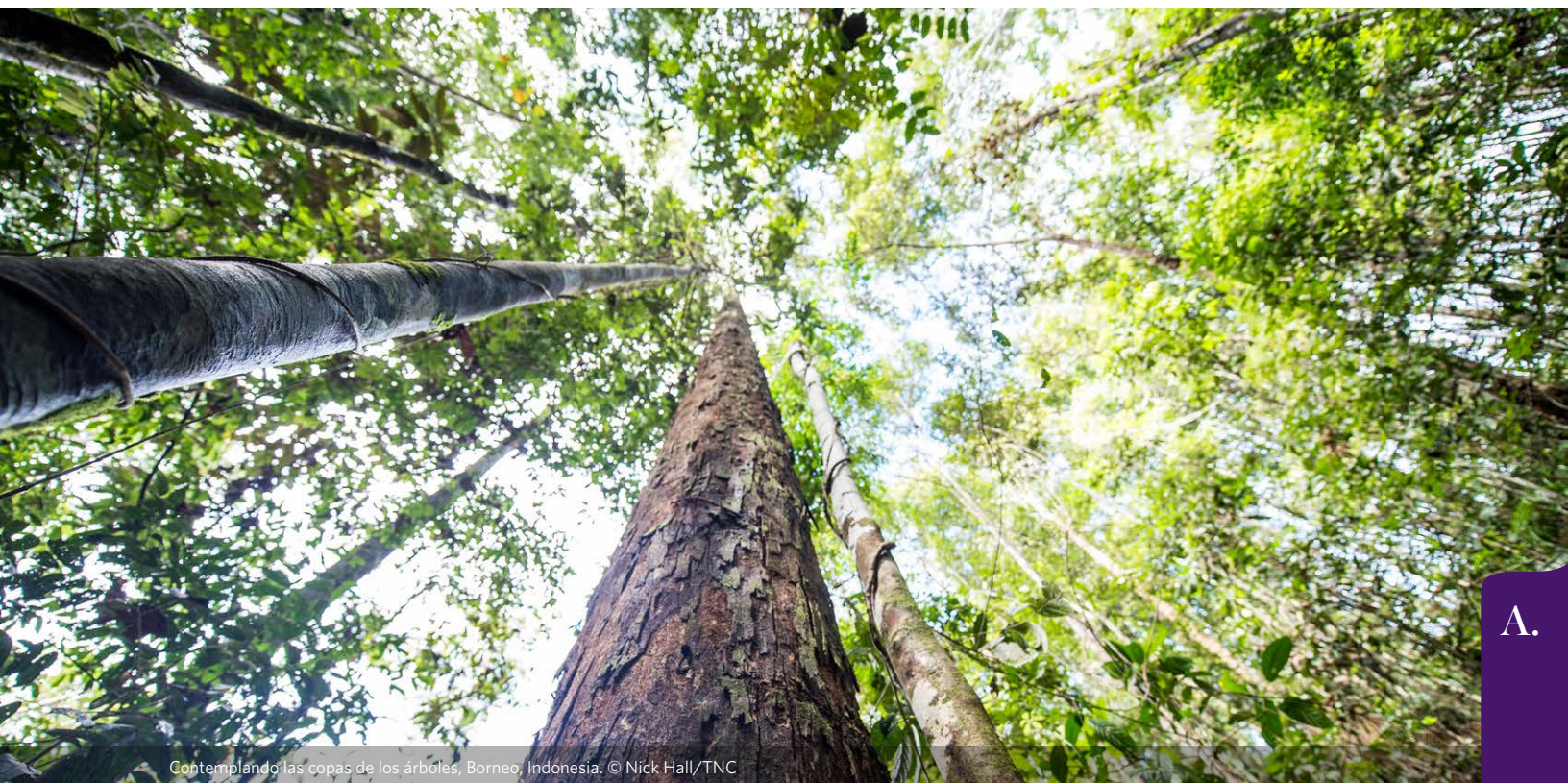
menudo también incluyen la necesidad de realizar mediciones en campo. Los países deben identificar el equilibrio adecuado entre los costos de estos diversos enfoques y su precisión, y darse cuenta de que los costos, especialmente los de los enfoques tecnológicos, pueden mejorar con el tiempo.

Validación y verificación: ¿Quién genera las compensaciones y son estas fiables? Las normas de compensación de emisiones de carbono suelen exigir el uso de un tercero para validar el enfoque y las mediciones del proyecto.

Impactos sociales: Es importante que los proveedores y compradores de compensaciones tengan en cuenta a quién pueden ayudar o perjudicar estos proyectos. En el caso de la calidad del aire, por ejemplo, las comunidades cercanas a un proyecto de compensación de NCS pueden beneficiarse de la mejora de la calidad del aire, mientras que

las comunidades cercanas al comprador seguirán viéndose afectadas por una calidad del aire negativa que podría haberse reducido si el comprador redujera sus propias emisiones. Estas posibles situaciones deben tenerse en cuenta a la hora de permitir las medidas de compensación. Además, hay que identificar y evitar los posibles impactos negativos de un proyecto. En última instancia, los países deben considerar si estos impactos positivos y negativos son equitativos en su distribución. Ver el *apéndice: Prácticas justas*.

Las normas de compensación de carbono voluntarias y de cumplimiento existentes suelen intentar abordar todos estos criterios, pero pueden hacerlo en distintos grados debido a las diferencias en las prioridades y los recursos disponibles. Antes de permitir el uso de cualquier norma en particular, es importante llevar a cabo la debida diligencia en torno a los requisitos de esa norma y si son apropiados para su situación.



Contemplando las copas de los árboles, Borneo, Indonesia. © Nick Hall/TNC



empeoren las desigualdades existentes. En el mejor de los casos, las acciones de las NCS estarán diseñadas para mejorar las desigualdades climáticas existentes, reduciendo las vulnerabilidades sociales, económicas y medioambientales, generando múltiples beneficios y equilibrando equitativamente las compensaciones. Por ejemplo, el [Proyecto Tuungane](#) en Tanzania adopta un enfoque de 360 grados para abordar los retos sanitarios y medioambientales interconectados. El proyecto, una colaboración entre TNC, la organización de servicios sanitarios Pathfinder International y las comunidades locales, apoya la resiliencia comunitaria y cultural, los programas de microfinanciamiento, los servicios de salud reproductiva, la educación de las niñas, la pesca saludable, la agricultura climáticamente inteligente y los programas de manejo forestal que proporcionan oportunidades de ingresos sostenibles a través de créditos de carbono procedentes de la protección de los bosques^[99].

El primer paso para integrar la justicia es sentar a todo el mundo a la mesa para mantener conversaciones verdaderamente inclusivas y equitativas sobre el cambio climático y las NCS. Los países deben crear formas de abrir el diálogo en torno a los compromisos y planes climáticos con un amplio conjunto de titulares de derechos y partes interesadas, incluidos representantes estatales y locales, la sociedad civil, el sector privado, los pueblos indígenas, aquellos que obtienen su sustento de los recursos naturales y otras comunidades locales. Esto puede hacerse utilizando los foros existentes de múltiples partes interesadas, como las plataformas de participación de REDD+, o creando nuevos espacios para unir otras voces al proceso. Del mismo modo, la amplia participación de la sociedad es un factor clave para el éxito político de la aplicación de las NCS y su proceso de evaluación debe contar con la participación de todos los grupos de interesados y titulares de derechos para tomar decisiones informadas sobre la evaluación y el contexto de cada geografía. Es especialmente importante incluir a las poblaciones

vulnerables que históricamente se han mantenido al margen de las conversaciones a nivel mundial sobre el cambio climático. Las conversaciones con los pueblos indígenas deben guiarse por los principios del consentimiento libre, previo e informado para afirmar la autodeterminación de los pueblos indígenas^{[100][101]}. Además, debe [afirmarse](#) la autonomía de los pueblos Indígenas sobre su cultura, identidad, prioridades de desarrollo, autogobierno y protección contra la influencia indebida de la sociedad dominante^[102]. Debe prestarse especial atención a evitar el control de acceso y garantizar que la participación sea un proceso abierto y equitativo, y que los organizadores no inviten selectivamente a determinados titulares de derechos y partes interesadas mientras excluyen a otros que pueden haber sido silenciados o ignorados en el pasado. Asimismo, debe evaluarse la dinámica de poder (ejemplos de cómo realizar un análisis de poder^{[103][104]}) cuando se convoque a un grupo diverso de partes interesadas para garantizar conversaciones equitativas.

Algunas de las preguntas clave que hay que tener en cuenta en relación con la dinámica del poder son:

- *¿Quién define la agenda? ¿De quién son las ideas, perspectivas y valores que dominan la agenda?*
- *¿Cómo distribuyen las instituciones formales los costos, los beneficios y la responsabilidad?*
- *¿Cómo influyen las redes sociales informales en las conversaciones y las decisiones?*
- *¿Se tienen en cuenta las limitaciones de recursos, tiempo y capacidad de las partes interesadas y se las compensa de forma equitativa?*

El cambio climático puede afectar a hombres y mujeres de manera diferente.^{[105][106]}, y las soluciones tampoco deberían serlo. La integración de las consideraciones de género en las soluciones climáticas puede evitar que

se agraven las desigualdades existentes que hacen que las mujeres sean desproporcionadamente vulnerables a los impactos climáticos, como las enfermedades y los desastres naturales, lo que apoya el ODS de la igualdad de género^[107]. Por ejemplo, Terry (2009) afirma que no hay justicia climática sin justicia de género y que los análisis de género son esenciales para evaluar las políticas de reducción de carbono^[105]. La CMNUCC también reconoce que las soluciones climáticas eficaces requieren una comprensión de las desigualdades y su intersección con cuestiones como las estructuras institucionales, el acceso y el control de los recursos, los procesos de toma de decisiones y las redes sociales, culturales y formales^[108]. En resumen, los análisis que ilustran las interacciones entre el cambio climático y las desigualdades de género son esenciales para garantizar que las soluciones climáticas sean sensibles al género y transformadoras.

La seguridad de los derechos sobre la tierra y los recursos es esencial para la vida, los medios de subsistencia, la resiliencia y la seguridad. El 65% de las tierras del mundo son manejadas por los pueblos indígenas y las comunidades locales en virtud de la tenencia consuetudinaria de la tierra, pero solo el 10% de estas tierras son reconocidas formalmente por los Estados como propiedad de estos grupos^[109]. Estas tierras suelen constituir un importante sumidero de carbono, que los países pueden reclamar como parte de su progreso hacia el cumplimiento de sus objetivos climáticos. Aunque la mitigación del carbono derivada de la conservación histórica de estas tierras no es *adicional*, la protección continua de estas áreas es esencial para mantener el aumento de la temperatura global muy por debajo de los 2 °C, y por tanto debe ser recompensada e incentivada. Más aún, las tierras reclamadas por las comunidades locales que fueron colonizadas anteriormente podrían devolverse a los propietarios tradicionales para reintroducir prácticas de manejo de la tierra y de los incendios que pueden dar resultados de mitigación del clima^[110].

El control de la tierra es una de las principales fuentes de conflicto que amenaza los derechos humanos, el desarrollo económico, la cultura, la conservación y la mitigación del cambio climático^[109]. Las empresas con fuertes conexiones políticas y riqueza a menudo son capaces de asegurar los derechos sobre la tierra rápidamente, mientras que los pueblos indígenas y las comunidades locales pasan años navegando por procesos complicados y gravosos para obtenerlos. Muchos de los proyectos de NCS existentes han ayudado a aclarar la tenencia de la tierra para los propietarios y las comunidades locales^[111], pero los problemas institucionales deben abordarse a escala para transformar realmente el sector AFOLU. Varios proyectos de NCS que operan junto a áreas protegidas o dentro de ellas han descubierto que, aunque las áreas estén oficialmente “protegidas”, las comunidades cercanas siguen dependiendo de la tierra para vivir y, por tanto, continúan con actividades que provocan la deforestación y/o la degradación de los bosques para satisfacer sus necesidades. Además, en muchos casos, las zonas delimitadas como áreas protegidas suelen impedir que las comunidades locales utilicen la tierra para mantenerse, mientras que las empresas y los gobiernos pueden seguir sacando provecho de ella. Tener en cuenta las desigualdades e injusticias históricas que rodean a los derechos sobre la tierra es fundamental a la hora de realizar una evaluación de las NCS.

Algunas de las preguntas clave que hay que tener en cuenta en relación con el control de la tierra son:

- *¿Quién es el propietario de las tierras que se está considerando para las actividades de las NCS? ¿Quién tiene derechos sobre la tierra?*
- *¿Las comunidades fueron desplazadas y/o privadas de sus derechos sobre estas tierras?*
- *¿Mejorarán o empeorarán las desigualdades en materia de derechos sobre la tierra con la aplicación de las NCS?*

- *¿Podría incluir en su evaluación la garantía de los derechos sobre la tierra como solución para mitigar el cambio climático?*

El contexto de cada país es único. Una técnica de evaluación de las NCS puede no ser aplicable a todos los países en términos de garantizar la justicia. A lo largo de su evaluación, puede resultar difícil establecer la conexión entre una decisión analítica (p. ej., la resolución de la cobertura del suelo que se va a utilizar para crear un mapa) y las repercusiones de esa decisión en las personas (p. ej., que un mapa de menor resolución puede no detectar las áreas manejadas por las comunidades indígenas con métodos de bajo

impacto), pero merece la pena hacer el esfuerzo. Una táctica para ayudar a establecer esta conexión sería involucrar a las partes interesadas en todas las etapas de la evaluación de las NCS para poder comprobar el impacto de las decisiones analíticas.

Este manual de NCS solo aborda brevemente la importancia de la justicia. Los autores de esta guía reconocemos que nos queda mucho por escuchar, aprender y trabajar en este sentido, pero estamos comprometidos con estos principios en las soluciones climáticas. También reconocemos que la integración de la justicia en nuestro enfoque mejorará los resultados climáticos y será clave para su éxito.



Un agricultor recoge arvejas en el pueblo de Minzhu, al borde de la Reserva Natural de Laohegou, provincia de Sichuan, China. © Nick Hall/TNC

Glosario

Nota: Muchas de las definiciones que figuran a continuación están citadas o parafraseadas del IPCC ^[87].

Adicionalidad: Reducciones de GEI que se producen como resultado directo de una actividad en relación con una línea base establecida. Si las reducciones se hubieran producido en ausencia de la actividad, no se consideran adicionales.

Albedo: La proporción de radiación solar reflejada por una superficie u objeto, que varía según su color y otras propiedades. Los cambios en el albedo son importantes para la aplicación de las NCS porque pueden contrarrestar el beneficio de la mitigación. Por ejemplo, la restauración de la cobertura forestal, especialmente en zonas de gran altitud o con cobertura de nieve estacional, se asocia a una reducción del albedo y a un efecto de calentamiento local. La expansión de la cobertura arbórea debe compensar este efecto con una captura de carbono lo suficientemente alta como para hacer posible la mitigación.

Cobeneficios: Los beneficios añadidos para las personas y la naturaleza que se derivan de los actos para controlar el cambio climático, además del beneficio directo de la mitigación.

Biomasa: La masa total de material biológico vivo en un área o volumen. En el contexto de las NCS, suele referirse a los árboles (incluidas las raíces) ^[112].

Captura de carbono: Eliminación del carbono de la atmósfera y su almacenamiento en los sistemas naturales. En el contexto de las NCS, se refiere al CO₂ captado por las plantas a través de la fotosíntesis y almacenado como carbono en la biomasa y los suelos ^{[12][113]}.

Compensaciones de carbono: Compensación de las emisiones de GEI en otros lugares mediante la compra y reclamación de créditos de carbono. Un crédito de carbono representa una tonelada métrica de CO₂e que ha sido capturado o eliminado de la atmósfera. Los créditos pueden comprarse, venderse o negociarse en mercados de carbono voluntarios o de cumplimiento. Para que una organización o un país se conviertan en carbono neutral, el número total de créditos reclamados debe ser igual a las emisiones restantes sobre una base anual. En el caso de los proyectos de NCS que generan créditos, deben considerarse los posibles impactos positivos y negativos sobre la biodiversidad, las comunidades locales y otros servicios de los ecosistemas, además del beneficio climático ^[114].

Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés): Los objetivos de reducción de emisiones de GEI declarados por un país en el marco del Acuerdo de París de la CMNUCC.

Costo marginal de reducción (MAC, por sus siglas en inglés): El costo económico asociado a evitar que una unidad de GEI entre en la atmósfera.

Costo social del carbono: El costo económico que supone para la sociedad una tonelada métrica adicional de emisiones de CO₂e ^[115].

Descuento: El proceso de convertir los valores monetarios de los costos o beneficios que se producen en el futuro en sus equivalentes de valor presente.

Extensión: El área aplicable (o unidad equivalente) a través de la cual se mide el flujo de una ruta de NCS.

Flujo: La transferencia de GEI entre la atmósfera y los sistemas naturales, cuantificada como la cantidad de captura o de reducción de emisiones por unidad de extensión aplicable para una ruta de NCS ^[39].

Forestación: Establecer bosques en lugares que históricamente no han contenido bosques, o donde no se han producido recientemente. Dado que la forestación puede tener impactos negativos sobre la biodiversidad y puede no establecerse bien, nos centramos en las prácticas de reforestación o restauración de la cobertura forestal.

Fuga: Un aumento de las emisiones de GEI que se produce fuera de los límites de una actividad de reducción de emisiones y que resulta de las restricciones causadas por esa actividad.

Incertidumbre: Una medida de la precisión de las estimaciones y del rango probable en el que se encuentra el valor “real”.

Línea base: El punto de partida con el que se pueden evaluar los progresos futuros o hacer comparaciones^[116].

Mercados de carbono: Sistemas de comercio a través de los cuales los países u otras jurisdicciones pueden comprar o vender créditos en un esfuerzo por cumplir sus límites jurisdiccionales de emisiones^[117].

Mitigación (del cambio climático): Acciones para reducir las emisiones de GEI (fuentes) o mejorar la captura (sumideros), lo que se traduce en una reducción de las concentraciones atmosféricas de GEI, con el fin de limitar el calentamiento global.

NCS costo-efectivas (USD100 por tonelada métrica de CO₂e): El nivel de potencial de mitigación de una determinada ruta de NCS a un costo marginal de reducción no superior a USD 100 por tonelada de CO₂e a partir de 2030^[2]. Este nivel de costos está en consonancia con los esfuerzos para limitar el aumento de la temperatura global a menos de 2 °C.

NCS de bajo costo (USD 10 por tonelada métrica de CO₂e): El nivel de potencial de mitigación de

una determinada ruta de NCS a un costo marginal de reducción no superior a USD 10 por tonelada de CO₂e a partir de 2030^[2].

Permanencia: El período de tiempo que persiste una acción de mitigación de cambio climático.

Potencial de calentamiento global (PCG): “Una medida de la energía total que un gas absorbe durante un período de tiempo determinado (normalmente 100 años) en relación con las emisiones de 1 tonelada métrica de dióxido de carbono^[118]”.

Potenciales de Calentamiento Global de Flujo

Sostenido (PCS): Una medida mejorada del forzamiento radiactivo de los GEI a partir del potencial de calentamiento global estándar que se basa en un único pulso de liberación de GEI a la atmósfera. El potencial de calentamiento global de flujo sostenido se basa en la liberación continua de GEI a lo largo del tiempo y, por tanto, es más realista^[27].

Prácticas justas: El principio de que nuestra perspectiva sobre el cambio climático, tanto los motores subyacentes como las políticas y proyectos para abordarlo, debe incluir los derechos humanos y la justicia, especialmente en lo que respecta a las poblaciones vulnerables y las comunidades marginadas.

Precio del carbono: El precio por las emisiones de GEI evitadas o liberadas. Puede referirse a la tasa de un impuesto sobre el carbono o al precio de los permisos de emisión. A menudo se utiliza como un valor aproximado para representar el nivel de esfuerzo en las políticas de mitigación.

REDD+: La reducción de las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques y el papel de la conservación, el manejo sostenible de los bosques y el aumento de las reservas forestales

de carbono en los países en desarrollo^{[18][119]}; un mecanismo de mitigación del cambio climático desarrollado por las Partes de la CMNUCC.

Reserva de carbono: El total de carbono almacenado en un elemento o sistema, independientemente del tiempo que haya tardado en acumularse^[12].

Reservorio de carbono: Un sistema que tiene la capacidad de almacenar o liberar carbono, incluyendo la biomasa sobre el suelo, la biomasa bajo el suelo, la hojarasca, la madera muerta y el carbono orgánico del suelo^[10].

Ruta: Estrategias específicas de NCS, por ejemplo, *impactos evitados en los humedales costeros, manejo de nutrientes o reforestación*. Una ruta puede incluir varios tipos de actividades.

Soluciones basadas en la naturaleza (SbN):

Acciones para proteger, manejar de forma sostenible y restaurar ecosistemas naturales o modificados que aborden los retos de la sociedad de forma eficaz y adaptativa, proporcionando simultáneamente

beneficios para el bienestar humano y la biodiversidad^[120]. Las SbN incluyen muchos servicios proporcionados por la naturaleza (p. ej., mitigación del cambio climático, resiliencia y adaptación de los ecosistemas, infraestructura verde para el manejo de las aguas pluviales y los servicios de los ecosistemas como la purificación del aire).

Soluciones naturales al cambio climático (NCS, por sus siglas en inglés):

Acciones de conservación, manejo mejorado de la tierra y restauración que aumentan el almacenamiento de carbono o evitan las emisiones de GEI en bosques, humedales, pastizales y tierras agrícolas de todo el mundo, al tiempo que apoyan a las personas y la biodiversidad^[2].

Sumidero de carbono: Sistemas que absorben y almacenan más CO₂ del que liberan, reduciendo la concentración de CO₂ en la atmósfera. Los principales sumideros naturales de carbono son el suelo, los árboles y otras plantas, y el océano. A medida que aumentan la deforestación y el calentamiento global, estos sumideros pueden debilitarse y reducirse.



Una manada de bisontes pasta en las praderas del rancho Medano-Zapato, cerca del Monumento y Reserva Nacional Great Sand Dunes, en el sur de Colorado, Estados Unidos. © Ron Semrod/TNC

Recursos adicionales

Existen numerosas publicaciones revisadas por pares y otras que pueden ser útiles para su evaluación de las NCS. Incluimos aquí un subconjunto de referencias recomendadas relacionadas con los temas tratados en esta guía.

RECURSOS INTEGRALES

- Nature4Climate. 2021. [Natural Climate Solutions World Atlas, Mapeador estatal de Estados Unidos y Mapeador de las NCS de Canadá.](#)
- Griscom, B.W., J. Adams, P.W. Ellis *et al.* 2017. [Natural climate solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114\(44\):11645–11650.](#) DOI: 10.1073/pnas.1710465114
- Griscom, B.W., J. Busch, S.C. Cook-Patton *et al.* 2020. [National mitigation potential from natural climate solutions in the tropics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 375\(1794\).](#) DOI: 10.1098/rstb.2019.0126
- Sanderman, J., T. Hengl y G.J. Fiske. 2017. [Soil carbon debt of 12,000 years of human land use. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114\(36\):9575–9580.](#) DOI: 10.1073/pnas.1706103114
- Bossio, D.A., S.C. Cook-Patton, P.W. Ellis *et al.* 2020. [The role of soil carbon in natural climate solutions. *Nature Sustainability*, 3:391–398.](#)
- Liu, H., P. Gong, J. Wang *et al.* 2020. [Annual dynamics of global land cover and its long-term changes from 1982 to 2015. *Earth System Science Data*, 12:1217–1243.](#) DOI: 10.5194/essd-12-1217-2020
- The Nature Conservancy. 2019. [Playbook for Climate Action.](#)
- The Nature Conservancy. 2018. [Playbook for Climate Finance.](#)

- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2019. [Accelerating Climate Ambition and Impact: Toolkit for Mainstreaming Nature-Based Solutions into Nationally Determined Contributions.](#) Nueva York, Estados Unidos: PNUD.
- World Resources Institute. [CAIT Climate Data Explorer.](#)
- [Climate Watch.](#) 2020. Washington, DC: World Resources Institute.
- University of Oxford Nature-based Solutions Evidence Platform <https://www.naturebasedsolutionsevidence.info/>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. [Assessment Reports Portal.](#)
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. [Emission Factor Database.](#)
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 2019. [2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines on National Greenhouse Gas Inventories.](#)
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 2006. [2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.](#) Publicado por el Institute for Global Environmental Strategies (IGES) para IPCC. ISBN 4-88788-032-4

RECURSOS DE POLÍTICAS

- Beasley, E., L. Schindler Murray, J. Funk *et al.* 2019. [Guide to including nature in Nationally Determined Contributions.](#)
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2019. [Pathway for Increasing Nature-based Solutions in NDCs: A Seven-Step Approach for Enhancing Nationally Determined Contributions through Nature-based Solutions.](#) Nueva York, Estados Unidos: PNUD
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 2019. [NDC Global Outlook Report 2019.](#)

RECURSOS CARTOGRÁFICOS

- Sayre, R., D. Karagulle, C. Frye *et al.* 2020. [An assessment of the representation of ecosystems in global protected areas using new maps of World Climate Regions and World Ecosystems](#). *Global Ecology and Conservation*, 21(e00860): 2351-9894. DOI: 10.1016/j.gecco.2019.e00860
- Dinerstein, E., D. Olson, A. Joshi *et al.* 2017. [An Ecoregion-Based Approach to Protecting Half the Terrestrial Realm](#). *BioScience*, 67(6): 534-545. DOI: 10.1093/biosci/bix014
- [Global Forest Watch](#). A partnership convened by World Resources Institute.
- [Global Mangrove Alliance](#). [Global Mangrove Watch](#).
- [LandMark](#). [Global Platform of Indigenous and Community Lands](#) - Mapa
- Karen Payne. Base de datos de [GIS Data Repositories](#). University of Georgia.
- [Open Data of the World](#). ESRI.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). [Geospatial information for sustainable food systems](#).

COMPENSACIONES DE CARBONO: NORMAS VOLUNTARIAS RELEVANTES EN MATERIA DE CARBONO

- [Climate Action Reserve](#)
- [Gold Standard](#)
- [Verra](#)

RECURSOS SOBRE JUSTICIA

- International Climate Justice Network. 2002. [Bali Principles of Climate Justice](#). Corppwatch.
- University of California, Davis, y University of Michigan, Ann Arbor. 2018. [Building Equitable Partnerships for Environmental Justice](#).

- Burns, B., y T. Daniel. 2020. [Pocket Guide to Gender Equality under the UNFCCC](#). European Capacity Building Initiative (ECBI).
- Organización Internacional del Trabajo. 1989. [Indigenous and Tribal Peoples Convention](#). C169.
- [LandMark](#). [LandMark: The Global Platform of Indigenous and Community Lands](#).
- Naciones Unidas. 2007. [The United Nations Declaration on the Rights of Indigenous Peoples](#).
- The Nature Conservancy. 2020. [The Nature Conservancy's Human Rights Guide for Working with Indigenous Peoples and Local Communities](#).
- Agencia Sueca de Cooperación para el Desarrollo Internacional (SIDA, por sus siglas en inglés). 2018. [Power analysis: a practical guide](#).

RECURSOS ESPECÍFICOS SOBRE LAS RUTAS

- TNC. 2021. [Data Layer Options for Selected Forest Pathways](#).

Manejo forestal natural

- Runting, R.K., Ruslandi, B.W. Griscom *et al.* 2019. [Larger gains from improved management over sparing — sharing for tropical forests](#). *Nature Sustainability*, 2:53-61. DOI: 10.1038/s41893-018-0203-0
- Ellis, P.W., y F.E. Putz, eds. 2019. [Special Issue: Reduced-impact logging for climate change mitigation \(RIL-C\)](#). *Forest Ecology and Management*. 439. DOI: 10.1016/j.foreco.2019.02.034
- Ellis P.W., T. Gopalakrishna, R.C. Goodman *et al.* 2019. [Reduced-impact logging for climate change mitigation \(RIL-C\) can halve selective logging emissions from tropical forests](#). *Forest Ecology and Management*, 438:255-266. DOI: 10.1016/j.foreco.2019.02.004

Manejo de incendios forestales

- Lipsett-Moore, G.J., N.H. Wolff y E.T. Game. 2018. Emissions mitigation opportunities for savanna countries from early dry season fire management. *Nature Communications*, 9(2247). DOI: 10.1038/s41467-018-04687-7

Evitar la cosecha de leña

- Bailis, R., R. Drigo, A. Ghilardi y O. Masera. 2015. The carbon footprint of traditional woodfuels. *Nature Climate Change*, 5:255-272. DOI: 10.1038/nclimate2491

Reforestación

- Cook-Patton, S.C., S.M. Leavitt, D. Gibbs *et al.* 2020. Mapping carbon accumulation potential from global natural forest regrowth. *Nature*, 585(7826):545-550. DOI:10.1038/s41586-020-2686-x
- Requena Suarez, D., D.M.A. Rozendaal, V. De Sy *et al.* 2019. Estimating aboveground net biomass change for tropical and subtropical forests: Refinement of IPCC default rates using forest plot data. *Global Change Biology*, 25(11):3609-3624. DOI: 10.1111/gcb.14767
- Busch J., J. Engelmann, S.C. Cook-Patton *et al.* 2019. Potential for low-cost carbon dioxide removal through tropical reforestation. *Nature Climate Change*, 9:463-466. DOI: 10.1038/s41586-019-0485-x
- The Nature Conservancy y American Forests. Reforestation Hub.

- Osuri, A.M., A. Gopal, T.R. Shankar Raman *et al.* 2020. Greater stability of carbon capture in species-rich natural forests compared to species-poor plantations. *Environmental Research Letters*, 15(034011). DOI: 10.1088/1748-9326/ab5f75

Restauración de humedales costeros

- Worthington, T.A., D.A. Andradi-Brown, R. Bhargava *et al.* 2020. Harnessing Big Data to Support the Conservation and Rehabilitation of Mangrove Forests Globally. *One Earth*, 2(5):429-443. DOI: 10.1016/j.oneear.2020.04.018

Turberas

- Conchedda, G., y F.N. Tubiello. 2020. Drainage of organic soils and GHG emissions: Validation with country data. *Earth System Science Data*, 12:3113-3137. DOI: 10.5194/essd-12-3113-2020
- Humpenöder, F., K. Karstens, H. Lotze-Campen *et al.* 2020. Peatland protection and restoration are key for climate change mitigation. *Environmental Research Letters*, 15:104093. DOI: 10.1088/1748-9326/abae2a

Árboles en tierras agrícolas

- Chapman, M., W.S. Walker, S.C. Cook-Patton *et al.* 2020. Large climate mitigation potential from adding trees to agricultural lands. *Global Change Biology*, 26(8)4357-4365. DOI: 10.1111/gcb.15121

Obras citadas

- 1 Naciones Unidas. 2015. [Acuerdo de París](#). París, Francia.
- 2 Griscom, B.W., J. Adams, P.W. Ellis et al. 2017. [Natural climate solutions](#). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(44):11645-11650. DOI: 10.1073/pnas.1710465114
- 3 Nachmany, M., y E. Mangan. 2018. [Aligning national and international climate targets](#). Londres: Instituto de Investigación Grantham sobre Cambio Climático y Medio Ambiente y Centro de Economía y Política del Cambio Climático, London School of Economics and Political Science.
- 4 CMNUCC. 2021. [Nationally determined contributions under the Paris Agreement](#). *Synthesis report by the secretariat*.
- 5 IPCC. 2018. [Summary for Policymakers](#). En: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., Zhai, P., H.-O. Pörtner et al. (eds.)]. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza.
- 6 Climate Action Tracker. 2021. [Global Update: Climate Summit Momentum](#).
- 7 Waughray, D.K.N., D.B. Holdorf, C.M.R. Eschandi et al. 2021. [What is “nature positive” and why is it the key to our future?](#) World Economic Forum.
- 8 Nesshöver, C., T. Assmuth, K.N. Irvine et al. 2017. [The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective](#). *Science of The Total Environment*, 579:1215-1227. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.11.106
- 9 UICN. 2021. [Nature-based Solutions](#).
- 10 FAO. 2003. [Forests and climate change](#). En: *Instruments related to the UNFCCC and their potential for sustainable forest management in Africa*.
- 11 Moomaw, W.R., G.L. Chmura, G.T. Davies et al. 2018. [Wetlands in a changing climate: science, policy, and management](#). *Wetlands*, 38:183-205. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13157-018-1023-8>
- 12 Convención de Ramsar sobre los Humedales. 2018. [Ramsar Briefing Note 10: Wetland Restoration for Climate Change Resilience](#).
- 13 Venterea, R.T., J.A. Coulter y M.S. Dolan. 2016. [Evaluation of intensive “4R” strategies for decreasing nitrous oxide emissions and nitrogen surplus in rainfed corn](#). *Journal of Environmental Quality*. 45:1186-1195. DOI: 10.2134/jeq2016.01.0024
- 14 Nature4Climate. 2021. [Natural Climate Solutions World Atlas](#).
- 15 Drever, C.R., S.C. Cook-Patton, F. Akhter et al. [Natural climate solutions in Canada](#). *Science Advances*, 7(23), p.eabd6034. DOI: 10.1126/sciadv.abd6034
- 16 Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2019. [Pathway for increasing nature-based solutions in NDCs: A seven-step approach for enhancing nationally determined contributions through nature-based solutions](#). Nueva York, Estados Unidos: PNUD.
- 17 Cambio Climático de las Naciones Unidas. [Nationally appropriate mitigation actions \(NAMAs\)](#).
- 18 CMNUCC. [Reducing emissions from deforestation, and forest degradation in developing countries](#).
- 19 Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2019. [Accelerating climate ambition and impact: Toolkit for mainstreaming nature-based solutions into nationally determined contributions](#). Nueva York, Estados Unidos: PNUD.
- 20 West, T.A.P., J. Börner, E.O. Sills y A. Kontoleon. 2020. [Overstated carbon emission reductions from voluntary REDD+ projects in the Brazilian Amazon](#). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(39):24188-24194. DOI: 10.1073/pnas.2004334117
- 21 Naciones Unidas. 2021. [Sustainable Development Goals Metadata Repository](#).
- 22 Red de Objetivos Basados en la Ciencia. 2020. [Science-based targets for nature: Initial guidance for business](#).
- 23 Griscom, B.W., G. Lomax, T. Kroeger et al. 2019. [We need both natural and energy solutions to stabilize our climate](#). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 25(6):1889-1890. DOI: 10.1111/gcb.14612
- 24 IPCC. 2019. [Climate change and land: An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems](#) [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia et al. (eds.)].
- 25 Pendrill, F., U.M. Persson, J. Godar et al. 2019. [Agricultural and forestry trade drives large share of tropical deforestation emissions](#). *Global Environmental Change*, 56:1-10. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2019.03.002
- 26 Henderson, K., D. Pinner, M. Rogers, et al. 2020. [Climate math: What a 1.5-degree pathway would take](#). *McKinsey Quarterly*.
- 27 Neubauer, S.C. y J.P. Megonigal. 2015. [Moving beyond global warming potentials to quantify the climatic role of ecosystems](#). *Ecosystems*, 18:1000-1013. DOI: 10.1007/s10021-015-9879-4
- 28 Cain, M., Lynch, J., Allen, M.R. et al. [Improved calculation of warming-equivalent emissions for short-lived climate pollutants](#). *Climate and Atmospheric Science*, 2:29.

- 29 Fesenfeld, L.P., Schmidt, T.S., Schrode, A. 2018. Climate policy for short- and long-lived pollutants. *Nature Climate Change*, 8:924-936.
- 30 Pingoud, K., K.E. Skog, D.L. Martino *et al.* 2019. Chapter 12: Harvested Wood Products. En: 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 4:1-49.
- 31 Cook-Patton, S.C., S.M. Leavitt, D. Gibbs *et al.* 2020. Mapping potential carbon capture from global natural forest regrowth. *Nature*, 585:545-550. DOI:10.1038/s41586-020-2686-x
- 32 Galik, C.S., D.M. Cooley y J.S. Baker. 2012. Analysis of the production and transaction costs of forest carbon offset projects in the USA. *Journal of Environmental Management*, 112:128-136. DOI: 10.1016/j.jenvman.2012.06.045
- 33 Kroeger, T., C. Klemz, T. Boucher *et al.* 2019. Return on investment of watershed conservation: Best practices approach and case study for the Rio Camboriú watershed, Santa Catarina, Brazil. *Science of the Total Environment*, 657:1368-1381. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.116
- 34 Pearson, T.R.H., S. Brown, B. Sohngen *et al.* 2014. Transaction costs for carbon sequestration projects in the tropical forest sector. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 19:1209-1222. DOI: 10.1007/s11027-013-9469-8
- 35 Rogelj, J., D. Shindell, K. Jiang *et al.* 2018. Mitigation Pathways Compatible with 1.5°C in the Context of Sustainable Development. *Global Warming of 1.5 °C*, 93-174.
- 36 Dietz, S., y N. Stern. 2015. Endogenous Growth, Convexity of Damage and Climate Risk: How Nordhaus' Framework Supports Deep Cuts in Carbon Emissions. *The Economic Journal*, 125(583), 574-620. DOI: 10.1111/econj.12188
- 37 Hänsel, M.C., M.A. Drupp, D.J.A. Johansson *et al.* 2020. Climate economics support for the UN climate targets. *Nature Climate Change*, 10, 781-789. DOI: 10.1038/s41558-020-0833-x
- 38 Glanemann, N., S.N. Willner y A. Levermann. 2020. Paris Climate Agreement passes the cost-benefit test. *Nature Communications*, 11(1):110. DOI: 10.1038/s41467-019-13961-1
- 39 Fargione, J.E., S. Bassett, T. Boucher *et al.* 2018. Natural climate solutions for the United States. *Science Advances*, 4(11):eaat1869. DOI: 10.1126/sciadv.aat1869
- 40 Dalkey, N., y O. Helmer. 1963. An experimental application of the delphi method to the use of experts. *Management Science*, 9(3):351-515. DOI: 10.1287/mnsc.9.3.458
- 41 Morgan, M.G. 2014. Use (and abuse) of expert elicitation in support of decision making for public policy. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(20):7176-7184. DOI: 10.1073/pnas.1319946111
- 42 Groves, C., y E.T. Game. 2016. Conservation planning: Informed decisions for a healthier planet. Roberts and Company Publishers, Greenwood Village, Colorado, Estados Unidos.
- 43 2021. Error Propagation (Propagation of Uncertainty). Statistics How To.
- 44 Paciorek, N., M. Gillenwater, R. De Lauretis *et al.* 2019. Chapter 3: Uncertainties. En: 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- 45 McMurray, A., T. Pearson y F. Casarim. 2017. Guidance on applying the Monte Carlo approach to uncertainty analyses in forestry and greenhouse gas accounting. Winrock International, Arlington, Virginia, Estados Unidos.
- 46 Seddon, N., A. Chausson, P. Berry *et al.* 2020. Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 375:1794. DOI: 10.1098/rstb.2019.0120
- 47 Smith, P., J. Adams, D.J. Beerling *et al.* 2019. Land-management options for greenhouse gas removal and their impacts on ecosystem services and the sustainable development goals. *Annual Review of Environment and Resources*, 44:255-286. DOI: 10.1146/annurev-environ-101718-033129
- 48 McDonald, R.I., T. Kroeger, P. Zhang y P. Hamel. 2019. The value of US urban tree cover for reducing heat-related health impacts and electricity consumption. *Ecosystems*, (23):137-150. DOI: 10.1007/s10021-019-00395-5
- 49 McPherson, G., J.R. Simpson, P.J. Peper *et al.* 2005. Municipal forest benefits and costs in five US cities. *Journal of Forestry*, 103(8):411-416. DOI: 10.1093/jof/103.8.411
- 50 Busch, J., J. Engelmann, S.C. Cook-Patton *et al.* 2019. Potential for low-cost carbon dioxide removal through tropical reforestation. *Nature Climate Change*, 9:463-466. DOI: 10.1038/s41558-019-0485-x
- 51 Jones, J.P.H., J.S. Baker, K. Austin *et al.* 2019. Importance of Cross-Sector Interactions When Projecting Forest Carbon across Alternative Socioeconomic Futures. *Journal of Forest Economics*, 34(3-4):205-231. DOI: 10.1561/112.00000449
- 52 Frederick, S., G. Loewenstein y T. O'Donoghue. 2002. Time discounting and time preference: A critical review. *Journal of Economic Literature*, 40(2):351-401. DOI: 10.1257/002205102320161311
- 53 Arrow, K.J., M.L. Cropper, C. Gollier *et al.* 2014. Should governments use a declining discount rate in project analysis? *Review of Environmental Economics and Policy*, 8(2):145-163. DOI: 10.1093/reep/reu008
- 54 Freeman, M.C., B. Groom, E. Panopoulou y T. Pantelidis. 2013. Declining discount rates and the Fisher Effect: Inflated past, discounted future? GRI Working Papers 109, Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment.
- 55 Addicott, E.T., E.P. Fenichel y M.J. Kotchen. 2020. Even the representative agent must die: Using demographics to inform long-term social discount rates. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 7(2):379-415. DOI: 10.1086/706885
- 56 Moore, M.A., A.E. Boardman y A.R. Vining. 2020. Social discount rates for seventeen Latin American countries: Theory and parameter estimation. *Public Finance Review*, 48(1):43-71. DOI: 10.1177/1091142119890369

- 57 McKinsey and Company. 2021. [Why investing in nature is key to climate mitigation.](#)
- 58 Friedrich, J., M. Ge y A. Pickens. 2020. [Este gráfico interactivo muestra los cambios en los 10 principales emisores del mundo.](#) World Resources Institute Blog.
- 59 Environment and Climate Change Canada. 2020. [Canadian environmental sustainability indicators: Greenhouse gas emissions.](#)
- 60 Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. [El Convenio sobre la Diversidad Biológica.](#)
- 61 Gao, F., T. He, Z. Wang *et al.* 2014. [Multiscale climatological albedo look-up maps derived from moderate resolution imaging spectroradiometer BRDF/albedo products.](#) *Journal of Applied Remote Sensing*, 8(1): p.083532. DOI: 10.1117/1.JRS.8.083532
- 62 Global Carbon Project. 2020. [Supplemental data of Global Carbon Budget 2020 \(Version 1.0\) \[dataset\].](#) Global Carbon Project. DOI: 10.18160/gcp-2020
- 63 ICCSD. 2020. [Comprehensive report of China's long-term low-carbon development strategy and transition path research \[en chino\].](#) *China Population, Resources and Environment*, 30(11):1-25.
- 64 CMNUCC. 2015. [Enhanced Actions on Climate Change \[en chino\].](#)
- 65 Jing, G. 2020. [A series of major climate policies have demonstrated China's commitment to green and low-carbon development \[en chino\].](#) *Xinhua News Agency.*
- 66 Zhou, C., T. Mao, X. Xu *et al.* 2016. [Preliminary analysis of the carbon sink potential of the blue carbon ecosystem in China's coastal zone \[en chino\].](#) *Science China Life Sciences*, 46(4):475-486.
- 67 Duan, X., X. Wang, T. Yao *et al.* 2006. [Advance in the studies on carbon sequestration potential of wetland ecosystem \[J\] \[en chino\].](#) *Ecology and Environment*, 15(5):1091-1095.
- 68 FAOSTAT. [Fertilizers by nutrient \[dataset\].](#)
- 69 Wei, C.Y. 2016. [Study on carbon sink and carbon emission trading in grassland in China \[en chino\].](#) *Animal Husbandry of China*, (24):68-69.
- 70 Meng, L., y H.W. Gao. 2002. [Status quo and restoration strategy of degraded grassland in China \[en chino\].](#) China International Grassland Development Conference and the Sixth Congress of the Chinese Grassland Society. 304-307.
- 71 General Office of the State Council (China). 2011. [12th five-year plan on GHG emission control \[en chino\].](#) No. 41.
- 72 State Council (China). 2016. [13th five-year plan on GHG emission control.](#) No. 61.
- 73 Gao, J. 2019. [How China will protect one-quarter of its land.](#) *Nature*, 569:457. DOI: 10.1038/d41586-019-01563-2
- 74 Zhang, X.Q., Q. Xie y N. Zeng. 2020. [Nature-based solutions to address climate change \[en chino\].](#) *Progress in Climate Change Research.*
- 75 Programa de China de The Nature Conservancy. 2021. [Nature-based Solutions: Research and Practice \[en chino\].](#) Beijing: China Environmental Publishing Group.
- 76 El Congreso de Colombia. 2016. [Ley 1819 de 2016.](#)
- 77 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Colombia). 2017. [Decree 926 of 2017.](#)
- 78 Instituto Humboldt. 2017. [Biodiversidad colombiana: números para tener en cuenta.](#) Boletín de prensa, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- 79 República de Indonesia. 2018. [Indonesia Second Biennial Update Report.](#) CMNUCC, Bonn, Alemania.
- 80 Griscorn, B. W., J. Busch, J., S.C. Cook-Patton *et al.* 2020. [National mitigation potential from natural climate solutions in the tropics.](#) *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 375(1794):20190126. DOI: 10.1098/rstb.2019.0126
- 81 Page, S.E., J.O. Rieley y C.J. Banks. 2011. [Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool.](#) *Global Change Biology*, 17(2):798-818. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2010.02279.x
- 82 Gumbrecht, T., R.M. Roman-Cuesta, L. Verchot *et al.* 2017. [An expert system model for mapping tropical wetlands and peatlands reveals South America as the largest contributor.](#) *Global Change Biology*, 23(9):3581-3599. DOI: 10.1111/gcb.13689
- 83 Giri, C., E. Ochieng, L.L. Tieszen *et al.* 2010. [Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data.](#) *Global Ecology and Biogeography*, 20(1):154-159. DOI: 10.1111/j.1466-8238.2010.00584.x
- 84 Rypdal, K., N. Paciorek, S. Eggleston *et al.* 2006. [Chapter 1: Introduction to the 2006 guidelines.](#) *En: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.*
- 85 Murdiyarso, D., J. Purbopuspito, J. Boone Kauffman *et al.* 2015. [The potential of Indonesian mangrove forests for global climate change mitigation.](#) *Nature Climate Change*, 5:1089-1092. DOI: 10.1038/nclimate2734
- 86 Alongi, D.M., D. Murdiyarso, J.W. Fourqurean *et al.* 2016. [Indonesia's blue carbon: A globally significant and vulnerable sink for seagrass and mangrove carbon.](#) *Wetlands Ecology and Management*, 24(3):3-13. DOI: 10.1007/s11273-015-9446-y
- 87 IPCC. 2014. [Annex II: Glossary \[Mach, K.J., S. Planton y C. von Stechow \(eds.\)\].](#) *En: Climate Change 2014: Synthesis Report.* Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, págs. 117-130.
- 88 Boden, T.A., G. Marland y R.J. Andres. 2017. [Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO₂ Emissions.](#) Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Departamento de Energía de Estados Unidos, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. DOI: 10.3334/CDIAC/00001_V2017
- 89 Center for Climate and Energy Solutions. [Global Emissions Data.](#)
- 90 Cameron, D.R., D.C. Marvin, J.M. Remucal y M.C. Passero. 2017. [Ecosystem management and land conservation can substantially contribute to California's climate mitigation goals.](#) *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(48):12833-12838. DOI: 10.1073/pnas.1707811114

- 91 Graves, R.A., R.D. Haugo, A. Holz *et al.* 2020. [Potential greenhouse gas reductions from Natural Climate Solutions in Oregon, USA](#). *PLoS One*. DOI: 10.1371/journal.pone.0230424
- 92 Cook-Patton, S.C., T. Gopalakrishna, A. Daigneault *et al.* 2020. [Lower cost and more feasible options to restore forest cover in the contiguous United States for climate mitigation](#). *One Earth*, 3(6):739-752. DOI: 10.1016/j.oneear.2020.11.013
- 93 Fargione, J., D.L. Haase, O.T. Burney *et al.* 2021. [Challenges to the reforestation pipeline in the United States](#). *Frontiers in Forests and Global Change*, 4. DOI: 10.3389/ffgc.2021.629198
- 94 Ricke, K., L. Drouet, K. Caldeira *et al.* 2018. [Country-level social cost of carbon](#). *Nature Climate Change*, 8:895-900. DOI: 10.1038/s41558-018-0282-y
- 95 Naciones Unidas. 1992. [Convenio sobre la Diversidad Biológica](#).
- 96 Reid, W.V., H.A. Mooney, A. Cropper *et al.* 2005. [Millennium Ecosystem Assessment Synthesis Report](#). Island Press, Washington, D.C.
- 97 Bartholemew, S. 2015. [What does climate justice mean to you?](#) Climate Generation Blog.
- 98 Environmental Justice Initiative. n.d. [The Climate Justice Declaration](#). School of Natural Resources and Environment, University of Michigan.
- 99 The Nature Conservancy. n.d. [Tanzania: Tuungane Project](#). Nature.org.
- 100 Naciones Unidas. 2007. [The United Nations declaration on the rights of Indigenous Peoples](#).
- 101 Organización Internacional del Trabajo. 1989. [Indigenous and Tribal Peoples Convention](#). C169.
- 102 The Nature Conservancy. 2020. [The Nature Conservancy's Human Rights Guide for Working with Indigenous Peoples and Local Communities](#).
- 103 Agencia Sueca de Cooperación para el Desarrollo Internacional (SIDA). 2018. [Power analysis: A practical guide](#).
- 104 Universidad de California, Davis, y Universidad de Michigan, Ann Arbor. 2018. [Building equitable partnerships for environmental justice](#).
- 105 Terry, G. 2009. [No climate justice without gender justice: an overview of the issues](#). *Gender & Development*, 17(1)5-18. DOI: 10.1080/13552070802696839
- 106 Pearse, R. 2016. [Gender and climate change](#). *WIREs Climate Change*, 8(2):e451. DOI: 10.1002/wcc.451
- 107 Asamblea General de las Naciones Unidas. 2015. [Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development](#). A/RES/70/1.
- 108 Burns, B., y T. Daniel. 2020. [Pocket guide to gender equality under the UNFCCC](#). European Capacity Building Initiative (ECBI).
- 109 Rights and Resources Initiative. 2015. [Who owns the world's land? A global baseline of formally recognized Indigenous and community land rights](#). Washington, D.C.: RRI
- 110 Lipsett-Moore, G.J., N.H. Wolff y E.T. Game. 2018. [Emissions mitigation opportunities for savanna countries from early dry season fire management](#). *Nature Communications*, 9 (2247). DOI: 10.1038/s41467-018-04687-7
- 111 Goldstein, A. 2016. [Not so niche: Co-benefits at the intersection of forest carbon and sustainable development](#). Forest Trends' Ecosystem Marketplace.
- 112 Parresol, Bernard R. 2002. [Biomass](#). Encyclopedia of Environmetrics (ISBN 0471 899976). 1:196-198.
- 113 USFS. 2016. [Valuing Ecosystem Services: Carbon Sequestration](#).
- 114 Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - Centro Mundial de Vigilancia de la Conservación. 2019. [Biodiversity A-Z website](#). UNEP-WCMC, Cambridge, UK.
- 115 Nordhaus, W.D. 2017. Revisiting the social cost of carbon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(7)1518-1523. DOI: 10.1073/pnas.1609244114
- 116 Comisión Europea. 2014. [Eurostat: Statistics Explained](#).
- 117 Secretaría General del Consejo. 2011. [Climate change: Key terms in 23 languages](#). Unión Europea.
- 118 Denchak, M. 2019. [Greenhouse Effect 101](#). Natural Resources Defense Council (NRDC).
- 119 CMNUCC. 2021. [REDD+ Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation: Overview](#).
- 120 IUCN. 2020. [Nature-based solutions](#).

